



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA  
MATURÍN – MONAGAS – VENEZUELA**

**CALIBRACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL  
ELEMENTO FÓSFORO, UTILIZADAS EN EL LABORATORIO DE  
SUELOS DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE MONAGAS,  
CAMPUS JUANICO. VENEZUELA.**

**Trabajo de Grado Presentado por:**

**CARLOS MIGUEL AGUILERA MONTES  
C.I. 20.140.557**

**Como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

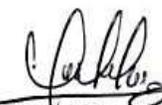
**MATURÍN, NOVIEMBRE 2018.**

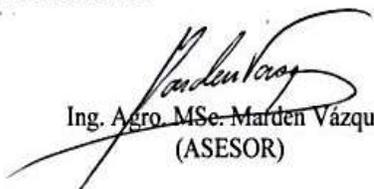


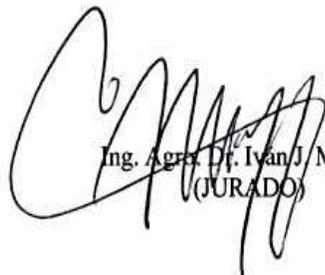
**CALIBRACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL  
ELEMENTO FÓSFORO, UTILIZADAS EN EL LABORATORIO DE  
SUELOS DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE MONAGAS,  
CAMPUS JUANICO. VENEZUELA.**

**CARLOS MIGUEL AGUILERA MONTES**

**Trabajo de Grado presentado en la Escuela de Ingeniería Agronómica de la  
Universidad de Oriente, como requisito parcial para obtener el título de:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

  
Ing. Agró. MSc. Yilitza Cabrera  
(ASESOR)

  
Ing. Agro. MSc. Marden Vázquez  
(ASESOR)

  
Ing. Agró. Dr. Iván J. Maza  
(JURADO)

  
Ing. Agro. MSc. Carmen Mujica.  
(JURADO)

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada primeramente a Dios y a la Virgen del Valle, gracias a ellos logre llegar aquí, concluir esta meta y cerrar este ciclo.

A mis Padres, Yanett Montes y Miguel Aguilera, porque siempre estuvieron, están y estarán a mi lado brindándome su apoyo, consejos, comprensión, tiempo, dedicación y amor, logrando así hacer de mi una mejor persona y que gracias a ellos soy quien soy. Ustedes han sido el pilar principal de mi formación, han aportado grandes cosas a mi vida, y me han ayudado a enfrentar la gran tarea de encarar a la sociedad.

A mis hermanos, aunque en la mayoría de las veces parece que estuviéramos en un batalla, hay momentos en los que la guerra cesa y nos unimos para lograr nuestros objetivos.

A mis abuelas María y Luisa por sus alcahuetterías, sus palabras de aliento y sus preocupaciones siempre tendrán un lugar especial en mi corazón y ya tienen un lugar aquí porque ustedes también son parte de esto.

A mis Angelitos en el cielo, Felipon y Papamel, ustedes forjaron parte de mi carácter de mi forma de ser, de mi YO actual, gracias por toda y cada una de sus enseñanzas de sus palabras de aliento de su formación, y aunque no estén físicamente con nosotros, se que comparten la dicha y la alegría de este momento conmigo, y que desde el cielo siempre me están cuidando, protegiéndome y guiándome en cada uno de los pasos que doy para que todo me salga bien.

**“El Tiempo de Dios es Perfecto”**

## AGRADECIMIENTOS

Es difícil dar las gracias a todas y cada una de las personas que de una u otra forma han contribuido a la realización de ésta tesis colocando su granito de arena, familiares y amigos, por ejemplo que con el simple hecho de ya estar, han aportado parte de sí para la ejecución de este trabajo de grado.

A pesar de ser muchos, hay ciertas personas especiales a quienes deseo resaltar y agradecer su dedicación, tiempo y colaboración:

A mis tutores, **Yilitza Cabrera** por su paciencia, tolerancia, amistad, esfuerzo, dolores de cabeza, ayuda, apoyo, guía, comprensión, confidencialidad, confianza, respeto, locuras, y por esa mano amiga y conexión que vas más allá de profesor-alumno, que se convirtió en amistad 5 minutos después de habernos conocido, y a **Marden Vázquez**, por ser una de las personas que fue guía para conocer y enamorarme del tema de mi tesis; ambos con sus amplios conocimientos acerca del tema me ayudaron en la idealización, planificación y realización de mi trabajo de grado, y fueron ellos quienes tuvieron a su cargo muchas de las correcciones, críticas y consejos que siempre le agradeceré.

Nuevamente, a mis padres **Yanett Montes y Miguel Aguilera**, son ellos a los que debo agradecer tanto, por su sacrificio y preocupaciones para poder llevarme a alcanzar este logro, por ser mis columnas vertebrales, y por guiarme durante todo y cada uno de los momentos de mi vidas, por nunca dejar de creer en mí. Son mi TODO.

A mis hermanos, **Angela y Miguel**, por ser mis mayores críticos, pero a su vez los favoritos, gracias por prestar su ayuda y opiniones en los momentos que los necesité, los Amo.

A mi **Abuelas Luisa y María**, por estar pendiente de mí siempre y por apoyarme y malcriarme de manera incondicional, a todas mis tías **Bersellys, Yaritza, Carmen, Yennys, Roxsi** que siempre fueron fieles a creer y apoyarme en cada uno de mis proyectos y sobretodo en mi triunfo profesional, las quiero.

A todos mis compañeros de clases, son muchos para nombrarlos y enumerarlos, el apoyo y el tiempo compartido son recuerdos que siempre llevare a donde quiera que este, ustedes también son parte de este logro.

A una persona en especial, que más que un amigo se convirtió en esta travesía en mi hermano, en el apoyo y la fuerza para seguir adelante, en el hombro donde se derramaron muchas lagrimas cuando ya no podía mas, esa persona que sin ningún interés de por medio se ofreció a ayudar, a guiar y a recorrer caminos sinuosos cuando mas nadie tendía una mano amiga, **Eduardo José, MI HERMA**, lo logramos manito, llegamos a la meta que con tanto empeño y sudor luchamos por alcanzar, sabes que aunque los kilómetros colocan distancia estas aquí conmigo en mente y corazón.

A los consentidos del grupo, **Karlita Malave, Darcy Chacon, Manuel Ledezma, Eliana Azocar, Maryvic Fernandez**, gracias por todos y cada uno de los momentos compartidos muchachos valen oro.

A personas dentro de la Universidad de Oriente, que dentro de mi larga travesía ayudaron de una u otra manera en muchas cosas, **Roysa Malave, Francis Salazar, Naileth Carmona, Maikelys Martinez, Maria Roca, Wendy Vazquez, Rosiris**, y

todos aquellos que olvide nombrar el hecho de que no estén plasmados aquí no significa que no esté enormemente agradecido, su granito de arena en este camino valió la pena.

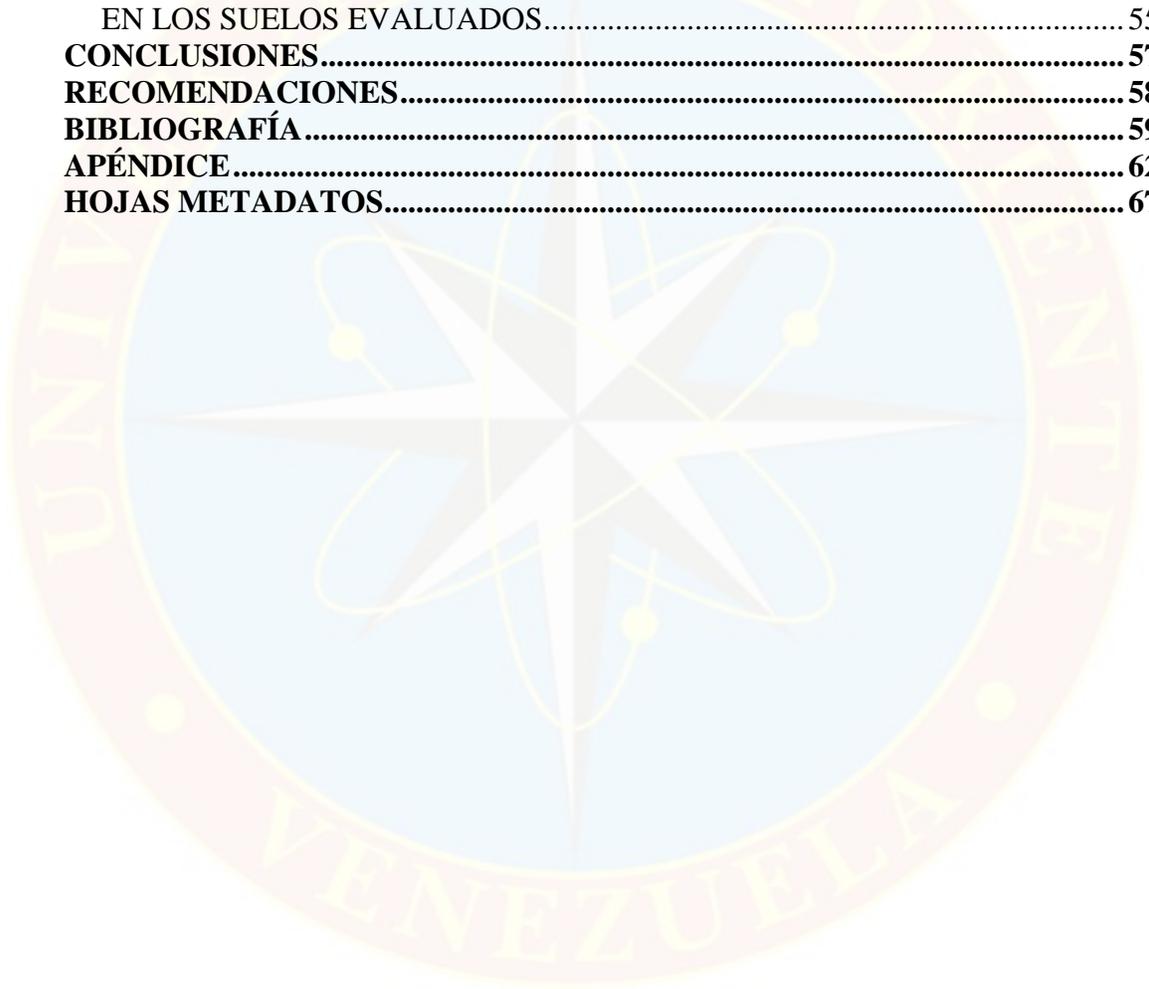
A mis Profesores, **Iván Maza, Carmen Mujica, Julio Royett, José Simoza,** por sus conocimientos, sugerencias y guía, **María Angela Diaz, Celeidys Vizcaino, Nelson Montaña,** por prestar un poco de su tiempo para despejar dudas y apoyar a este servidor.

A la casa más alta, la **Universidad de Oriente,** por haberme dado la oportunidad de estudiar en sus aulas y vivir muchas experiencias momentos de alegría, de tristeza de euforia y enojo que dieron al final un fruto hacerme poseedor del título de Ingeniero Agrónomo.

## INDICE GENERAL

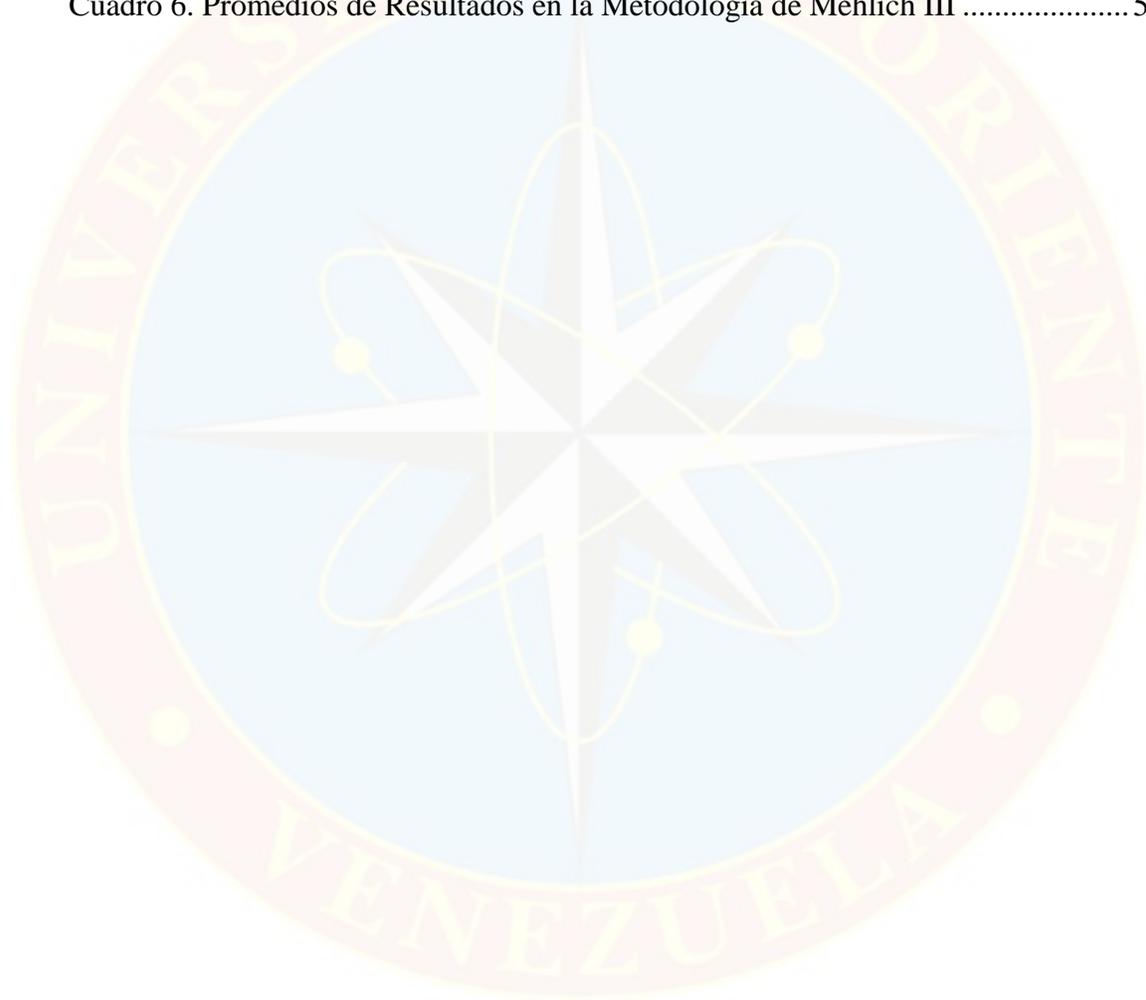
|   |            |
|---|------------|
| <b>DEDICATORIA</b> .....  | <b>iii</b> |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....  | <b>iv</b>  |
| <b>INDICE GENERAL</b> .....   | <b>vii</b> |
| <b>LISTA DE CUADROS</b> .....   | <b>ix</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....   | <b>x</b>   |
| <b>RESUMEN</b> .....  | <b>xi</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>xii</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>1</b>   |
| <b>JUSTIFICACIÓN</b> .....  | <b>3</b>   |
| <b>OBJETIVOS</b> .....  | <b>5</b>   |
| OBJETIVO GENERAL .....  | 5          |
| OBJETIVOS ESPECIFICOS .....   | 5          |
| <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....   | <b>6</b>   |
| <b>CICLO DEL FÓSFORO</b> .....  | <b>7</b>   |
| <b>FÓSFORO ORGÁNICO</b> .....   | <b>9</b>   |
| <b>FÓSFORO INORGÁNICO</b> .....   | <b>10</b>  |
| <b>INFLUENCIA DEL FÓSFORO SOBRE LAS PLANTAS</b> .....                           | <b>11</b>  |
| <b>SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE FÓSFORO</b> .....                                 | <b>13</b>  |
| <b>FACTORES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO PARA LAS PLANTAS</b> ..... | <b>14</b>  |
| <b>ABSORCIÓN Y TRASLOCACIÓN DE FÓSFORO EN LA PLANTA</b> .....                   | <b>18</b>  |
| <b>MUESTREO DE SUELO</b> .....  | <b>21</b>  |
| <b>MÉTODO BRAY Y KURTZ P-1 (1945)</b> .....                                     | <b>23</b>  |
| <b>MÉTODO OLSEN (1954)</b> .....  | <b>25</b>  |
| <b>MÉTODO MEHLICH III</b> .....   | <b>27</b>  |
| Preparación de Reactivos Método Mehlich 3 .....                                 | 28         |
| <b>CURVA DE CALIBRACIÓN</b> .....   | <b>30</b>  |
| <b>CORRELACIÓN Y CALIBRACIÓN</b> .....  | <b>31</b>  |
| <b>PAISAJES NATURALES DEL ESTADO MONAGAS</b> .....                              | <b>31</b>  |
| <b>DESCRIPCIÓN FÍSICO NATURAL</b> .....   | <b>34</b>  |
| <b>CAPITULO III</b> .....   | <b>36</b>  |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....   | <b>36</b>  |
| <b>UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO</b> .....  | <b>36</b>  |
| <b>METODOLOGÍAS</b> .....   | <b>36</b>  |
| Metodología de Muestreo .....   | 36         |
| Método Bray y Kurtz P-1 (1945).....   | 37         |
| Método Olsen (1954).....  | 42         |
| Método Mehlich III.....   | 43         |
| <b>CAPÍTULO IV</b> .....  | <b>45</b>  |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>   | <b>45</b> |
| RECOLECCIÓN DE CUATRO TIPOS DE SUELOS (EJE CARIBE –<br>PUNTA DE MATA), PARA REALIZAR LA CALIBRACIÓN DEL<br>ELEMENTO FÓSFORO .....                             | 45        |
| CALIBRACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS (BRAY-KURTZ I, OLSEN Y<br>MEHLICH III) PARA LA DETERMINACIÓN DEL ELEMENTO<br>FÓSFORO, EN CADA UNO DE LOS TIPOS DE SUELO. .... | 47        |
| DETERMINACIÓN DE CUÁL ES LA METODOLOGÍA MÁS<br>ADECUADA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ELEMENTO FÓSFORO<br>EN LOS SUELOS EVALUADOS.....                            | 55        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>57</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>58</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>59</b> |
| <b>APÉNDICE.....</b>  | <b>62</b> |
| <b>HOJAS METADATOS.....</b>   | <b>67</b> |



## LISTA DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1. Tabla de Interpretación de la Metodología de Bray y Kurtz I.....  | 47 |
| Cuadro 2. Promedios de Resultados en la Metodología de Bray y Kurtz I ..... | 49 |
| Cuadro 3. Tabla de Interpretación de la Metodología de Olsen .....          | 50 |
| Cuadro 4. Promedios de Resultados en la Metodología de Olsen .....          | 52 |
| Cuadro 5. Tabla de Interpretación de la Metodología de Mehlich III .....    | 52 |
| Cuadro 6. Promedios de Resultados en la Metodología de Mehlich III .....    | 54 |



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación Geográfica de las áreas muestreadas en el Eje Caripe - Punta de Mata.....                        | 37 |
| Figura 2. Pesado de Muestras.....  | 38 |
| Figura 3. Tubos de Centrifugadora con las muestras.....  | 38 |
| Figura 4. Agregado de la Solucion de $\text{NH}_4\text{F}$ y $\text{HCl}$ 1N.....                                    | 39 |
| Figura 5. Muestras en proceso de Agitación.....  | 39 |
| Figura 6. Embudos de Filtrado.....   | 40 |
| Figura 7. Medición de Solución Reveladora.....   | 40 |
| Figura 8. Muestras en Reposo.....  | 41 |
| Figura 9. Medición de Tramitancias por medio del Spectronic.....   | 41 |
| Figura 10. Vista Satelital de la Ubicación geográfica de las áreas muestreadas en el Eje Caripe - Punta de Mata..... | 45 |
| Figura 11. Gráfica de mg/kg extraídos por la Metodología de Bray y Kurtz I.....                                      | 49 |
| Figura 12. Gráfica de mg/kg extraídos por la Metodología de Olsen.....   | 51 |
| Figura 13. Gráfica de mg/kg extraídos por la Metodología de Mehlich III.....   | 54 |

## RESUMEN

Durante los meses de junio a agosto del 2017 en el laboratorio de suelo, Campus Guaritos de la Universidad de Oriente, Maturín, estado Monagas, se llevó a cabo esta investigación con la finalidad de establecer la metodología más adecuada para determinar el elemento fósforo en los diferentes tipos de suelos del estado Monagas. Las muestras de suelo fueron recolectadas en los diferentes paisajes geográficos del estado Monagas, siendo estos en el eje Caripe – Punta de Mata, específicamente en La Guanota, Municipio Caripe; El Rincón, Municipio Acosta; El Tejero, Municipio Ezequiel Zamora y Aguasay, Municipio Aguasay. El análisis de los datos se llevó a cabo mediante el empleo de los siguientes métodos: Método Mehlich III, Método Olsen (1954), Método Bray y Kurtz P-1, determinando así que el método de Bray - Kurtz I es el método más adecuado para la determinación del elemento fósforo en suelos.

**Palabras claves:** Fósforo, Caripe, Aguasay, Ezequiel Zamora, Acosta, Mehlich, Olsen, Bray, Kurtz

## ABSTRACT

During the months of June to August 2017 in the soil laboratory, Campus Guaritos of the Universidad de Oriente, State, Monagas, this is a research point with the objective of establishing the most appropriate function to determine the phosphor element in The different types of soils of Monagas state. The soil samples were collected in the different geographical landscapes of the Monagas state, being these in the Caripe - Punta de Mata axis, specifically in La Guanota, Caripe Municipality; El Rincon, Municipality Acosta; El Tejero, Municipality of Ezequiel Zamora and Aguasay, Municipality of Aguasay. The analysis of the data was carried out by using the following methods: Mehlich III method, Olsen method (1954), Bray method and Kurtz P-1, thus determining how the Bray-Kurtz method is the most suitable method for the determination of the phosphorous element in soils.

**Keywords:** Phosphorus, Caripe, Aguasay, Ezequiel Zamora, Acosta, Mehlich, Olsen, Bray, Kurtz

## INTRODUCCIÓN

El fósforo es un nutriente esencial para las plantas, los bajos rendimientos de las cosechas y la mala calidad de los productos se deben más a menudo al déficit de este elemento que de cualquier otro nutriente, razón por la cual se ha llamado, clave de la agricultura (Elrashidi, 2007).

Este elemento puede hallarse en el suelo en cantidades considerables, pero no siempre en forma aprovechable para los cultivos, de ahí que el estudio de su disponibilidad es importante para determinar los factores que intervienen en la fijación, por acción de los elementos que constituyen el suelo.

La evaluación de la disponibilidad de los nutrientes minerales del suelo por medio de los análisis químicos, es tal vez la determinación que presenta mayores problemas. En determinadas condiciones a pesar de que los análisis químicos revela alto contenido de este elemento en el suelo, las plantas cultivadas en el responden a la aplicación de fosfatos, mientras en ocasiones con contenidos bajos en el suelo dado, las plantas no responden a su aplicación (Oliveira et al., 2006).

La dinámica del fósforo en el suelo es muy compleja, razón por la cual los químicos de suelos han presentado especial interés por el estudio de métodos de análisis que se adecuen a las condiciones de diversos suelos (Molina, 2012). Por dichos estudios actualmente se sabe que el mejor método de análisis para un suelo cualquiera, es aquel cuyos resultados guarden la mejor relación con las respuestas de las plantas a la fertilización.

Los datos que son obtenidos mediante la realización de diferentes ensayos e investigaciones ayudarían a seleccionar el método analítico más adecuado y el nivel

crítico de fósforo en el suelo, el conocimiento de estas variantes permitiría hacer recomendaciones más precisas que garanticen respuestas remunerativas de los cultivos a la correcta y necesaria aplicación de fertilizantes fosfatados (Fernández et al., 2006).

En nuestro país no se han realizado aún suficientes investigaciones al respecto, solamente se han adoptado métodos probados en otros países; por consiguiente se hace necesario estudiar y examinar los resultados de los análisis químicos de fósforo, en cuanto a sus diferentes variables para determinar la factibilidad de cada uno de ellos en los diferentes tipos de suelos que presenta nuestra geografía.

De acuerdo a lo anterior, se plantea la siguiente investigación con la finalidad de calibrar diferentes métodos para determinación del elemento fosforo empleados en el laboratorio de suelo de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas e indicar cuál es el más adecuado para los suelos evaluados.

## JUSTIFICACIÓN

La dinámica del fósforo en el suelo, en conjunto con el conocimiento de la fisiología de los cultivos, son dos aspectos esenciales básicos para entender cómo funciona este nutriente en el sistema suelo-planta y por lo tanto, representa el primer pilar para elaborar cualquier esquema de diagnóstico de las necesidades de fertilización (FAO, 2007).

El fósforo, luego del nitrógeno, es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos. Interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular y se lo considera un nutriente esencial para las plantas (FAO, 2007).

Los suelos tropicales y subtropicales son en su mayoría de pH ácidos, a menudo fuertemente deficientes y con un alto poder de retención o fijación de fósforo. En vista de ello, es necesario aplicar cantidades importantes de insumos fosfóricos para obtener un crecimiento óptimo de los cultivos (FAO, 2007).

El fósforo merece una significativa importancia en cuanto a la fertilización, ya que es el responsable del desarrollo normal del sistema radicular, pronta madurez de los cultivos, formación de semillas, incrementa la resistencia de las plantas a las enfermedades. Una deficiencia de dicho elemento provoca una marcada reducción del crecimiento de la planta y por consiguiente, un bajo rendimiento de esta (Solórzano, 1998).

Para que las recomendaciones sean válidas en una determinada región, las muestras de suelo deben ser calibradas (comparadas) con respuestas obtenidas en experimentos de campo a fin de ajustar los niveles establecidos por las metodologías a las condiciones edáficas de la región (Solórzano, 1998).

Los métodos de análisis de fósforo no funcionan de la misma manera en diferentes regiones y tipos de suelos. En algunos suelos, puede que un método correlacione mejor con la respuesta del cultivo que se vaya a producir, mientras que en otra región es otro el método que mejor funciona. Esto indica la importancia que tienen los trabajos de correlación y calibración de métodos de análisis de fósforo (Venegas et al., 1999).

La cuantificación del fósforo disponible en el suelo, es decir, aquel susceptible de ser absorbido por la planta, se ha venido investigando por más de un siglo. A pesar de ello, no hay un método universal para su estimación. Se han propuesto muchas soluciones químicas para extraer formas potenciales de fósforo del suelo, siendo el agua el primer solvente de extracción utilizado. Se encontró que el poder de extracción empleando agua era muy bajo lo cual conllevaba a errores en las medidas (Carrero et al., 2015).

La búsqueda de realizar un mejor diagnóstico y recomendación de fertilizante fosforado obliga a comparar metodologías de relevancia internacional que presenten mayor adecuación a formas residuales de fósforo en el suelo (Carrero et al., 2015).

Es necesario calibrar las diferentes metodologías para la determinación del elemento fósforo, porque según McKean (1993), un método puede ser adecuado para un suelo y un cultivo pero no adecuado en otra situación. Debido a que no todos los métodos miden la forma disponible del nutriente, por lo tanto, se presentan errores en las correlaciones y no en el procedimiento mismo.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Calibrar las metodologías para la determinación del elemento fósforo, utilizadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Campus Juanico.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Recolectar cuatro tipos de suelos (Eje Caripe – Punta de Mata), para realizar la calibración del Elemento Fósforo.
- Calibrar las metodologías (Bray-Kurtz I, Olsen y Mehlich III) para la determinación del Elemento Fósforo, en cada uno de los tipos de suelo.
- Determinar cuál es la metodología más adecuada para la determinación del elemento fósforo en los suelos evaluados.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Según García-Serrano *et al.*, (2010), El suelo es el “hábitat” que soporta y sustenta a las plantas y a la multitud de organismos que conviven con ellas. También, es el “almacén” del que extraen el agua, el aire y los nutrientes que precisan para su desarrollo. Así como un medio dinámico en el que interactúan dos procesos básicos para el ecosistema: uno de producción, para la generación de biomasa, y otro de descomposición de los restos de esta biomasa, que se van incorporando al suelo.

El conocimiento del suelo por el agricultor, desde un punto de vista físico, biológico y sobre todo químico, es imprescindible si se quiere llevar a cabo una correcta utilización de este y por consiguiente una buena fertilización (Munera y Meza, 2012).

El fósforo es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de fósforo para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. Este clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de fósforo en los cultivos varía de 0,1 a 0,5%, (Munera y Meza, 2012).

Es absorbido por las plantas en forma de fosfatos mono y diácidos. A diferencia del nitrógeno y del azufre, que son otros elementos que se absorben en forma aniónica, el fósforo es un elemento poco móvil. Por su tendencia a reaccionar dando formas fosforadas no disponibles para las plantas es que debe ser considerado uno de los elementos más críticos. Aunque las plantas lo contienen en menor cantidad que el nitrógeno, potasio, y calcio, tiene como factor limitativo más importancia que el

calcio y quizás más que el potasio. Es un elemento que da calidad y precocidad a las plantas, ya que adelanta la maduración, a diferencia del nitrógeno, que tiende a prolongar el crecimiento vegetativo (Sanzano, 2014).

El fósforo, cumple un rol plástico, porque se encuentra en toda la planta, y especialmente en los tejidos jóvenes y órganos de reserva. En los primeros interviene en la síntesis proteica y contribuye al desarrollo radicular. En los órganos de reserva (semillas y tubérculos) forma parte de fosfolípidos y ácidos nucleicos. También cumple un rol metabólico, ya que desempeña un papel indispensable como acumulador de energía y combustible para todas las actividades bioquímicas de las células vivientes al formar parte del adenosíntrifosfato (ATP) (Sanzano, 2014).

El fósforo elemental no se encuentra en estado libre en la naturaleza porque se oxida muy fácilmente; sin embargo, son muy comunes los compuestos orgánicos y principalmente minerales que contienen fósforo. Solo una pequeña parte del fósforo aparece en solución en suelo ( $< 0,01-1 \text{ mg/L}^{-1}$ ) (Fernández *et al.*, 2006). Varios nutrientes se encuentran en forma soluble en los suelos y muchos de ellos se pierden por el lavado ocasionado por las lluvias y el riego, (Borges *et al.*, 2012).

## **CICLO DEL FÓSFORO**

El fósforo es un componente esencial de los organismos. Forma parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN); del ATP y de otras moléculas que tienen  $\text{PO}_4^{3-}$  y que almacenan la energía química; de los fosfolípidos que forman las membranas celulares; y de los huesos y dientes de los animales. Está en pequeñas cantidades en las plantas, en proporciones de un 0,2%, aproximadamente. En los animales hasta el 1% de su masa puede ser fósforo. Su reserva fundamental en la naturaleza es la corteza terrestre. Por meteorización de las rocas o sacado por las cenizas volcánicas, queda disponible para que lo puedan tomar las plantas. Con facilidad es arrastrado

por las aguas y llega al mar. Parte del que es arrastrado sedimenta al fondo del mar y forma rocas que tardarán millones de años en volver a emerger y liberar de nuevo las sales de fósforo. (García, 2001)

Otra parte es absorbida por el plancton que, a su vez, es comido por organismos filtradores de plancton, como algunas especies de peces. Es el principal factor limitante en los ecosistemas acuáticos y en los lugares en los que las corrientes marinas suben del fondo, arrastrando fósforo del que se ha ido sedimentando, el plancton prolifera en la superficie. Al haber tanto alimento se multiplican los bancos de peces, formándose las grandes pesquerías del Gran Sol, costas occidentales de África y América del Sur y otras. Con los compuestos de fósforo que se recogen directamente de los grandes depósitos acumulados en algunos lugares de la tierra se abonan los terrenos de cultivo, a veces en cantidades desmesuradas, originándose problemas de eutrofización, (García, 2001)

Según Aguilar y Goitía (1992), El diagnóstico de las necesidades nutricionales de las plantas conlleva la observación cuidadosa de la sintomatología, la información acerca del uso presente y pasado del suelo y el empleo de técnicas apropiadas para el análisis de suelos y plantas, además de los principios fundamentales involucrados; ya que cuando ocurre una deficiencia o un exceso nutricional, alguna función de la planta se ve afectada, lo que generalmente se manifiesta con la aparición de síntomas visuales. El fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica y su solubilidad en el suelo es baja. Existe un equilibrio entre el fósforo en la fase sólida del suelo y el fósforo en la solución del suelo.

Las plantas pueden adsorber solamente el fósforo disuelto en la solución del suelo, y puesto que la mayor parte del fósforo en el suelo existe en compuestos químicos estables, sólo una pequeña cantidad de fósforo está disponible para la planta en cualquier momento dado. (Sela, 2014a).

Al absorber el fósforo de la solución del suelo por las raíces, parte del fósforo adsorbido a la fase sólida del suelo es liberado a la solución del suelo, para mantener un equilibrio químico. Los tipos de compuestos de fósforo que existen en el suelo son principalmente determinados por el pH del suelo y por el tipo y la cantidad de los minerales en el suelo. Por lo general, los compuestos minerales que forma el fósforo son compuestos de aluminio, hierro, manganeso y calcio. (Sela, 2014a).

En suelos ácidos el fósforo tiende a reaccionar con Aluminio, Hierro y Manganeso, mientras que en suelos alcalinos, la fijación dominante es con el Calcio. El rango de pH óptimo para la disponibilidad máxima del fósforo es de 6,0 – 7,0. En muchos suelos la descomposición de la materia orgánica y los residuos de cultivos contribuyen al fósforo disponible (Sela, 2014a).

Desde el punto de vista del material que aporta el nutriente, separaremos al fósforo del suelo en dos grandes formas: fósforo orgánico y fósforo inorgánico.

### **FÓSFORO ORGÁNICO**

La principal fuente está constituida por los residuos vegetales y animales que se adicionan al suelo. Los compuestos fosfatados más importantes de la materia orgánica son nucleoproteínas, fosfolípidos y fosfoazúcares (Solórzano, 1998).

La mineralización de la materia orgánica es lenta y por vía microbiana, requiriendo temperaturas de aproximadamente 25° a 30° C, pH neutro y humedad cercana a capacidad de campo. El proceso de mineralización está regido por la relación C/P de la materia orgánica, cuyo valor crítico es aproximadamente 200. Por encima de este valor se produce depresión del fosfato inorgánico (fenómeno similar al de la depresión de los nitratos) (Solórzano, 1998).

## FÓSFORO INORGÁNICO

Según Sánchez y Camacho, (1981), Desde el punto de vista edafológico interesa clasificarlo de acuerdo a su disponibilidad mediata o inmediata para las plantas en: fósforo soluble, intercambiable e insoluble.

Fósforo soluble: son las formas aprovechables para las plantas en forma inmediata, es decir, son fosfatos en la solución del suelo. Su concentración es muy débil y fluctúa entre 0,2 y 0,5 mg/l, o sea 200 a 400 gr/ha en 30 centímetros de espesor. En suelos muy ricos la concentración puede llegar hasta 1 mg/l (1 ppm) y en suelos pobres a 0,1 mg/l. Generalmente es una concentración constante y permanece así aunque varíe la relación suelo-agua. Para que los cultivos se abastezcan convenientemente es necesario que ocurra una renovación del fósforo en solución. El equilibrio entre las distintas formas fosfatadas es lo que asegura la nutrición de los vegetales (Sánchez y Camacho, 1981).

Las formas solubles de fósforo en el suelo son los fosfatos diácidos ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y monoácidos ( $\text{HPO}_4^-$ ). La concentración de los iones fosfatos en solución está relacionada con el pH de la misma. El ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  es favorecido por los pH bajos, mientras que el ion  $\text{HPO}_4^-$  por los pH más altos. (Sánchez y Camacho, 1981)

Fósforo intercambiable: es también llamado fósforo lábil o adsorbido, y su disponibilidad es más lenta que el anterior. La adsorción de fosfatos, como en general toda adsorción aniónica en el suelo, es un fenómeno que depende del pH. A pH ácidos, aumentan las cargas positivas de los coloides y por ende, aumenta la adsorción. Estos iones forman parte del enjambre de iones que rodean a las partículas coloidales y están en constante movimiento. Representan del 15 al 30% del fósforo inorgánico, lo que significa de 800 a 2500 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha. (Andrades y Martínez, 2014).

El fósforo lábil puede estar adsorbido directamente por los bordes de las arcillas (cuando están tienen cargas positivas como la caolinita a bajos valores de pH), o por uniones que usan al calcio como puente (en las arcillas de tipo 2:1). También puede estar adsorbido por los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, que tienen un poder de fijación mucho mayor que el de las arcillas. (Sánchez y Camacho, 1981)

Fósforo insoluble: es el que está formando parte de los minerales primarios y secundarios, y constituye la gran reserva de fósforo inorgánico en el suelo. La insolubilización se puede deber a la precipitación como fosfatos cálcicos en medio alcalino, o como fosfatos de hierro y aluminio en medio ácido. Tanto en suelos ácidos como alcalinos, el fósforo tiende a sufrir una cadena de reacciones que producen compuestos fosforados de baja solubilidad. Por lo tanto, durante el largo tiempo que el fósforo permanece en el suelo, las formas menos solubles, y por ende las menos disponibles para la planta, tienden a aumentar (Andrades y Martínez, 2014).

Cuando se agrega fósforo soluble al suelo, usualmente ocurre una rápida reacción (de unas pocas horas) que remueve el fósforo de la solución (fija el fósforo). Lentas reacciones posteriores continúan gradualmente reduciendo la solubilidad durante meses o años, según la edad de los compuestos fosfatados. El fósforo recientemente fijado puede ser débilmente soluble y de algún valor para las plantas. Con el tiempo, la solubilidad del fósforo fijado tiende a decrecer a niveles extremadamente bajos. Este fenómeno se conoce como envejecimiento del fósforo. (Sánchez y Camacho, 1981)

## **INFLUENCIA DEL FÓSFORO SOBRE LAS PLANTAS**

Es difícil establecer en detalles las funciones del fósforo en la economía de las plantas. Aquí solo consideraremos las funciones más importantes:

1. División celular y crecimiento, así como formación de albúminas.
2. Maduración de las cosechas, atemperando así los efectos de aplicaciones excesivas de nitrógeno.
3. Desarrollo de las raíces, particularmente de las raíces laterales y fibrosas.
4. Robustecimiento de la paja en los cultivos de cereales, ayudando así a prevenir al acame.
5. Sobre la calidad de las cosechas, sobre todo de forrajes y hortalizas.
6. Resistencia de la planta a ciertas enfermedades, (Munera y Meza, 2012).

El fósforo es rápidamente movilizado en las plantas, y cuando se presenta una deficiencia, el elemento contenido en los tejidos más viejos es transferido a las regiones activas meristemáticas. (Solórzano, 1998).

Un contenido adecuado de fósforo en el suelo es de gran importancia para el desarrollo de las plantas, por intervenir en funciones fundamentales, como son:

- Favorece el desarrollo de las raíces.
- Estimular el crecimiento y el desarrollo vigoroso de las plantas.
- Favorecer la floración y la fructificación y con ello la cantidad y calidad de los frutos y semillas.
- Adelantar la maduración de los frutos.
- El dulzor de los frutos depende de la riqueza del suelo en fosfatos y de la porosidad del terreno que aumenta la respiración de las raíces y la absorción de nutrientes (Andrades y Martínez, 2014).

## **SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE FÓSFORO**

Una carencia de este elemento es trascendental, debido al antagonismo ente elementos evitando que las plantas aprovechen otros nutrientes. Los síntomas de deficiencia general se caracterizan por una disminución general del crecimiento, los pecíolos se alargan, las hojas son delgadas y erectas, en un estado más agudo las hojas amarillean y se necrosan, con una coloración rojizo y les falta brillo o lustre y tienden a curvarse hacia arriba. Usualmente las raíces no están bien desarrolladas (Solórzano, 1998).

El efecto más acentuado de la falta de fósforo es la reducción en el crecimiento de la hoja así como en el número de hojas. El crecimiento de la parte superior es más afectado que el crecimiento de la raíz. Sin embargo, el crecimiento de la raíz también se reduce marcadamente en condiciones de deficiencia de fósforo, produciendo menor masa radicular para explorar el suelo por agua y nutrientes. Generalmente, el fósforo inadecuado deprime los procesos de utilización de carbohidratos, aun cuando continúa la producción de estos compuestos por medio de la fotosíntesis. Esto resulta en una acumulación de carbohidratos y el desarrollo de un color verde oscuro en las hojas (Sultenfuss y Doyle, 1999).

En algunos cultivos, las hojas deficientes en fósforo desarrollan un color púrpura. Debido a que el fósforo es fácilmente movilizado en la planta, cuando ocurren las deficiencias de este nutriente el fósforo se transloca de los tejidos viejos a tejidos meristemáticos activos y por esta razón los síntomas aparecen en las hojas viejas (parte baja) de la planta. Sin embargo, estos síntomas de deficiencia rara vez se observan en el campo y la deficiencia de fósforo generalmente se evidencia por una pérdida apreciable de rendimiento. Otros efectos de la deficiencia de fósforo en la planta incluyen el retraso de la madurez, mala calidad de forrajes, frutas, hortalizas y

granos así como una reducción de la resistencia de las plantas a las enfermedades (Sultenfuss y Doyle, 1999).

## **FACTORES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO PARA LAS PLANTAS**

Según Oliveira *et al.*, (2006), los factores que afectan la disponibilidad de fósforo son:

**Humedad:** las experiencias señalan que el movimiento del fósforo aumenta con el contenido de agua del suelo. Por otra parte la absorción de fósforo por las plantas aumenta cuando la succión matriz del suelo disminuye, lo que concuerda con el concepto de que la transferencia del nutriente a las raíces se efectúa por medio del agua (Oliveira *et al.*, 2006).

**Textura:** influye en la asimilación del fósforo tanto por el contenido de agua que el suelo puede retener como por la contribución a la riqueza del fósforo del suelo. Los suelos de textura gruesa tienen menor contenido de agua que los de textura fina a cualquier succión matriz, y por lo tanto menor difusión del fósforo hacia la raíz. Por otra parte la cantidad de fósforo lábil o intercambiable será menor en los suelos de textura gruesa que los de textura fina que tienen mayor capacidad de adsorción de aniones (Oliveira *et al.*, 2006).

**Coloide inorgánico:** interesan el tipo y la cantidad de arcilla. Algunos minerales de arcilla son mucho más fijadores que otros. Generalmente aquellas arcillas que poseen gran capacidad de adsorción de aniones (debido a superficies cargadas positivamente), tienen una gran afinidad por los iones fosfato. Por ejemplo, una fijación extremadamente alta es característica de las arcillas alófanicas, que se encuentran típicamente en los Andisoles y otros suelos asociados con cenizas

volcánicas. Los óxidos de hierro y aluminio, tales como la gibsita y la goetita, también pueden atraer y retener fuertemente los iones fósforo. Entre las arcillas silicatadas, la caolinita tiene la mayor capacidad de fijación de fósforo. Las arcillas de tipo 2:1 de los suelos menos meteorizados, tienen una relativamente pequeña capacidad de retener el fósforo (Oliveira *et al.*, 2006).

**Materia orgánica:** es fuente permanente de fósforo a través de los procesos de descomposición y mineralización que liberan nutrientes a la solución del suelo. La materia orgánica generalmente tiene poca capacidad para fijar fuertemente los iones fosfato. Los suelos ricos en materia orgánica, especialmente de fracciones activas de la misma, casi siempre exhiben relativamente bajos niveles de fijación de fósforo (Oliveira *et al.*, 2006).

**pH del suelo:** La mayor parte de la fijación de fósforo ocurre a muy bajos o muy altos valores de pH. Cuando el pH sube desde menos de 5 hasta 6, los fosfatos de hierro y aluminio se hacen algo menos solubles. Además cuando el pH cae desde más de 8 hasta menos de 6, los fosfatos de calcio incrementan su solubilidad. Por lo tanto, como regla general en los suelos minerales, la fijación de fosfatos es baja (y la disponibilidad para la planta es alta) cuando el pH se mantiene en el rango entre 6 y 7. Incluso en este rango de pH, la disponibilidad puede ser todavía muy baja, y los fosfatos solubles adicionados serán rápidamente fijados por el suelo (Oliveira *et al.*, 2006).

El bajo aprovechamiento por las plantas del fosfato agregado al suelo en una estación dada, es debido parcialmente a esta fijación. Un gran aprovechamiento deberá esperarse en los suelos orgánicos y en las mezclas preparadas de suelo, donde las concentraciones de calcio, hierro, y aluminio no son tan altas como en los suelos minerales (Oliveira *et al.*, 2006).

**Material original:** cuanto más rico es material original mayor será la disponibilidad de fósforo si las condiciones antes mencionadas no son limitantes. (Oliveira *et al.*, 2006).

Según Solórzano, (1998), A causa de la importancia de la retención y de la fijación como factores modificantes de la eficiencia de los fertilizantes fosforados aplicados, estos factores, y la extensión en que ellos influyen la fijación, se considera brevemente:

### **Tipo De Arcilla**

El fósforo es retenido en una mayor extensión por las arcillas 1:1 que por las arcillas 2:1. Los suelos ricos en arcillas caoliníticas, tales como aquellos que se encuentran en áreas de fuertes lluvias y temperaturas elevadas, pueden fijar o retener cantidades mayores de fósforo añadido que aquellos suelos que contienen al tipo 2:1. La presencia de hidróxidos de hierro y aluminio contribuyen también a la retención del fósforo añadido (Solórzano, 1998).

### **Tiempo De Reacción**

Cuanto mayor sea el tiempo en que el suelo y el fósforo añadido estén en contacto, mayor será la cantidad de fijación. Una importante consecuencia práctica es el tiempo tras la aplicación durante el que la planta es capaz de utilizar el fósforo fertilizante añadido. En algunos suelos con una elevada capacidad de fijación este período puede ser corto, mientras que en otros suelos el período de utilización puede durar meses o incluso años. Este período de tiempo, determinará si el fertilizante fosforado es aplicado una sola vez en la rotación o bien en aplicaciones pequeñas y más frecuentes. Es también importante la colocación del fósforo en el suelo (Solórzano, 1998).

## **Reacción Del Suelo**

El pH del suelo es uno de los factores que afectan la utilización del fósforo que el granjero puede alterar fácilmente. En la mayoría de los suelos la disponibilidad del fósforo es máxima en un orden de pH que oscila de 5,5 a 7,0, disminuyendo cuando el pH cae por debajo de 5,5 y disminuyendo también cuando este valor sube por encima de 7,0. A valores bajos de pH, la retención resuelta sobre todo por la reacción por el hierro, el aluminio y sus hidróxidos. Cuando aumenta el pH, la actividad de estos reaccionantes va disminuyendo hasta que, en los niveles de pH citados ahora mismo la actividad del fósforo alcanza un máximo. Por encima de pH 7,0 los iones de calcio y magnesio, así como presencia de los carbonatos de estos metales en el suelo, causan la precipitación del fósforo añadido, y su disponibilidad disminuye (Solórzano, 1998).

## **Temperatura**

Los suelos de los climas cálidos son generalmente mucho más fijadores de fósforo que los suelos de las regiones más templadas. Los climas cálidos dan origen a terrenos con alto contenido de hidróxido de hierro y aluminio (Solórzano, 1998).

## **Materia Orgánica**

Ha sido considerado generalmente que al abonar periódicamente con abonos de establo o verdes, daría como resultado una mejor utilización del fósforo por los cultivos subsiguientes:

La descomposición de los residuos orgánicos se acompaña por la evolución de apreciables cantidades de bióxido de carbono. Este gas, cuando se disuelve en agua, forma ácido carbónico, que es capaz de descomponer ciertos minerales primarios del

suelo. Se ha mostrado que en los suelos calcáreos la producción de bióxido de carbono juega un papel importante al aumentar la disponibilidad de fósforo. Esto ha sido mostrado también en suelos neutros (Solórzano, 1998).

La biodisponibilidad del fósforo depende de varios factores, siendo uno de los más importantes el pH del suelo. En suelos básicos (calizos) se forman fosfatos insolubles a través de procesos de insolubilización, mientras que en suelos ácidos, los procesos de mineralización y solubilización se ven favorecidos, aumentando por tanto la cantidad de fósforo susceptible de asimilación por las plantas (García-Serrano *et al.*, 2010).

### **ABSORCIÓN Y TRASLOCACIÓN DE FÓSFORO EN LA PLANTA**

Según Fernández, (2007), Las raíces de las plantas son capaces de adsorber pequeñas porciones de fósforo del suelo. Su absorción por las plantas constituye un proceso activo. Esto es evidente si comparamos la composición en nutrientes de un tejido de la planta, por ejemplo, en la savia del xilema y en la solución del suelo que baña las raíces. Si no se produce acumulación de nutrientes, la savia del xilema tendrá la misma concentración y composición que el agua del suelo, mientras el tejido podrá tener todos los elementos en la misma proporción pero a concentraciones muy altas, ya que las pérdidas de agua por transpiración provocan aumento en la concentración.

La mayoría de los nutrientes presentan este comportamiento, a diferencia del fósforo, que en la savia del xilema presenta una concentración mayor que la esperada, evidenciando una activa absorción de fosfatos. La relación entre el metabolismo de la planta y la absorción del fósforo ha sido estudiada por varios autores, que han encontrado la incidencia que sobre esta relación tienen la temperatura, los inhibidores metabólicos y la inhibición competitiva por parte de otros nutrientes. Las raíces

absorben el fósforo principalmente en forma de ión ortofosfato primario ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), o como ortofosfato secundario ( $\text{HPO}_4^-$ ) (Fernández, 2007).

En el caso de estos aniones, el pH influye enormemente en la proporción con la que son absorbidos por la planta. Así, cuando se tienen valores de pH básicos o alcalinos en el suelo, se puede reducir la disponibilidad del ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) porque puede haber precipitación de sales de fósforo al reaccionar con cationes como el calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) o magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ) y formarse fosfatos poco solubles con estos elementos. Por el contrario, cuando existen valores de pH ácidos en el suelo, se podrán formar otros compuestos fijando ( $\text{HPO}_4^-$ ) con cationes como el hierro ( $\text{Fe}^{+2}$ ), aluminio ( $\text{Al}^{+3}$ ) y manganeso ( $\text{Mn}^{+2}$ ), los cuales aumentan su solubilidad a medida que disminuye el pH (más ácido). La toma acumulativa de estos elementos por las células corticales de la raíz debe ser seguida de la transferencia a través de la raíz al xilema (Fernández, 2007).

El fósforo transportado por el xilema es en su mayoría fósforo inorgánico, el cual es distribuido a todas las partes de la planta. De manera general las raíces absorben cantidades muy pequeñas de fósforo. Cuanto más colonizado por el sistema radicular esté un suelo, menor será el nivel de fósforo necesario, siendo también muy importantes las asociaciones simbióticas que tienen lugar entre raíces y micorrizas, especialmente para árboles y especies perennes. Idealmente, las plantas más eficientes en el aprovechamiento de nutrientes son aquellas que, bajo determinadas condiciones nutricionales, normales o adversas, consiguen absorber, translocar, acumular y utilizar mejor el nutriente para la producción de grano y/o materia seca o verde (Fernández, 2007).

Los métodos de análisis de fósforo no funcionan de la misma manera en las diferentes regiones y tipos de suelos. En algunos suelos, para un tipo de cultivo un método correlaciona mejor con la respuesta del cultivo, mientras que en otra región es

otro el método el que trabaja o funciona bien. Esto indica la importancia que tienen los trabajos de correlación y calibración de métodos de análisis de fósforo, (Venegas *et al.*, 1999).

Se han propuesto muchas soluciones químicas para extraer las formas potenciales de fósforo en los suelos. El agua probablemente fue el primer extractante que los investigadores aplicaron para medir fósforo en suelos. Las pequeñas cantidades de fósforo de suelo extraídas por agua (principalmente fósforo en forma disuelta) y las dificultades relacionadas con el análisis químico limitan el uso del agua como extractante (Elrashidi, 2007).

Según Sela, (2014b), Diferentes laboratorios de suelo pueden proporcionar resultados diferentes para la misma muestra de suelo. Esto puede ser muy confuso para los agricultores y agrónomos, que necesitan diseñar programas de fertilización adecuados para sus cultivos. Una de las principales razones para esta discrepancia es que los diferentes laboratorios usan diferentes métodos de extracción.

El término "Método de extracción" se refiere a la combinación del procedimiento analítico y el producto químico (el extractante) que se utilizan para determinar el nivel de un cierto nutriente en el suelo. Puede sonar sorprendente, pero para la mayoría de los métodos de extracción, el valor obtenido para el nutriente en cuestión no presenta su cantidad total en el suelo, ni su cantidad real disponible (Sela, 2014b).

En la mayoría de los casos, la extracción de la cantidad total de nutrientes ni siquiera tiene un significado práctico. Esto se debe a que una gran parte de los nutrientes en el suelo no está disponible para la planta (Sela, 2014b).

Cada método puede extraer una cantidad diferente del nutriente de una muestra determinada. Por otra parte, la cantidad de nutrientes extraída por cualquier método de extracción no representa necesariamente la cantidad real del nutriente que está disponible para el cultivo. Por lo tanto, el resultado del análisis de suelo no debe ser considerado como un número absoluto y los resultados son casi siempre empíricos. Se utiliza una calificación de bajo, adecuado, alto, excesivo para clasificar los resultados. La calificación describe la probabilidad de que el cultivo responderá a la adición de fertilizantes (Sela, 2014b).

## **MUESTREO DE SUELO**

La muestra de suelo consiste en una mezcla de porciones de suelo (submuestras) tomadas al azar, de un terreno heterogéneo cuyo procedimiento permite a los agricultores tener un indicador excelente para el uso correcto, tanto de fertilizantes químicos y orgánicos, como de enmiendas, dado a que esta es la manera de evaluar la fertilidad del suelo antes de establecer un cultivo agrícola

### **Materiales:**

- Mapa del área a muestrear.
- Barreno, pala, palín o chicora.
- Cuchillo o machete.
- Balde.
- Bolsas plásticas limpias.
- Marcadores, lápiz.
- Hojas para identificar la(s) muestra(s).

**Procedimiento:**

- a) Lávese bien las manos antes de hacer el muestreo y durante ésta evite fumar, comer o manipular materiales contaminantes que caigan a la muestra de suelo.
- b) Recorra y delimite su área haciendo un plano o croquis sencillo de las superficies más o menos homogéneas, separando su área en lotes uniformes de acuerdo a su fisiografía y otras características externas.
- c) Una vez que se han definido los límites de cada lote se procede a tomar las sub-muestras. Para ello se hace un recorrido sobre el terreno en zig-zag, diagonal, cuadrícula, forma sinuosa, etc. tomando sub-muestras en cada punto cada 15 o 30 pasos.
- d) Antes de la toma de muestra, limpiar el área del punto de muestreo, luego excavar en cada uno de los puntos de muestreo hoyos de diferente profundidad, la variabilidad de profundidades dependerá del estudio a realizar.
- e) En cada sitio de muestreo se recomienda remover las plantas y hojarasca fresca (1-3 cm.) de un área de 40 cm. x 40 cm., y luego introducir la pala a la profundidad deseada y transferir aproximadamente 100-200 g suelo a un balde plástico limpio. Las herramientas deben limpiarse después de tomar cada sub-muestra. Si se usa una pala, se puede hacer un hueco en forma de “V” y luego tomar de una de las paredes una porción de 10 x10 x 3 cm. para transferir al balde. Realizar esta operación en cada uno de los puntos y extraer el mismo volumen de suelo para la sub-muestras.
- f) La muestra debe tomarse a una profundidad de 20 – 30 cm. en suelos que han sido cultivados y a una profundidad de 10-15 cm. en suelos que han sido sembrados de pastos.
- g) En cultivos perennes y de raíces profundas, las muestras deben tomarse de 0-20 cm y de 20-40 cm. de profundidad
- h) En cualquier caso se debe remover piedras, raíces gruesas, lombrices e insectos del suelo. Las porciones de suelo se desmenuzan con la mano. Al final las sub-

muestras se van mezclando en el balde hasta completar el número total de sub-muestras deseado. Posteriormente se transfiere 1 Kg. de suelo a una bolsa plástica limpia.

- i) Mezclar y homogeneizar bien sub-muestras.
- j) Luego de tener todas las sub-muestras en el balde (de 15 a 20 por ha) se mezclan homogéneamente y se toma 1 Kg. aproximadamente. Esta es la muestra compuesta requerida para el análisis. Se puede tomar entre 15 a 20 sub-muestras pero lo ideal es entre 30 a 40 sub-muestras.
- k) Luego llevar debidamente almacenadas y etiquetadas las muestras al laboratorio para su análisis.

#### **MÉTODO BRAY Y KURTZ P-1 (1945)**

Fue desarrollado por Roger H. Bray y Lester T. Kurtz en la Estación Experimental Agrícola de Illinois en 1945 y ahora es ampliamente utilizado en todo el mundo. El fósforo extraído por el método Bray y Kurtz P-1 se ha demostrado estar bien correlacionado con la respuesta de rendimiento de los cultivos en la mayoría de los suelos ácidos y neutros. Para los suelos ácidos, el fluoruro presente en el extracto Bray y Kurtz, mejora la liberación de fósforo de los fosfatos de aluminio por la disminución de la actividad de Aluminio en la solución del suelo a través de la formación de varios complejos Al-F. El fluoruro es también eficaz en la supresión de la re-absorción de fósforo solubilizado en los coloides del suelo. (Molina, 2012).

La naturaleza ácida del extractante (pH 2,6) también contribuye a la disolución del fósforo disponible del Al, Ca y Fe, formas enlazadas en la mayoría de los suelos. El método de Bray y Kurtz P-1 no es adecuado para:

1. Suelos arcillosos con un grado moderadamente alto de saturación con bases,
2. Suelos arcillo limosos o con textura más fina que sean calcáreos o que tenga un valor de pH alto ( $\text{pH} > 6,8$ ) o que tengan un alto grado de saturación con bases,
3. Suelos con un equivalente de carbonato de calcio mayor al 7% de la saturación de bases.
4. Los suelos con grandes cantidades de cal (mayor al 2% de carbonato de calcio) (Molina, 2012).

En suelos como éstos, el  $\text{CaF}_2$ , formado a partir de la reacción de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) soluble en el suelo con el flúor agregado del extractante, puede reaccionar con el fósforo del suelo e inmovilizarlo. Estas reacciones reducen la eficiencia de la extracción del fósforo y esto resulta en valores ínfimos de fósforo en el suelo. Por último, el extractante de Bray y Kurtz P-1 puede disolver el fósforo de la roca fosfórica, por lo tanto no se debe utilizar en suelos recientemente enmendados con este material, ya que el valor de fósforo será sobreestimado. Con el método Bray y Kurtz P-1, un valor de 25 a 30 mg/kg (ppm) de fósforo en el suelo a menudo se considera óptimo para el crecimiento vegetal (Molina, 2012).

#### **Materiales:**

- a) Balanza analítica
- b) Tubo de centrifugación de 100 ml
- c) Centrifugadora
- d) Embudos de filtración
- e) Papel de filtro Whatman N° 42.
- f) Pipetas de 4 y 5 ml
- g) Balón aforado de 25 ml
- h) Spectronic

**Soluciones:**

- a) Solución acida de de  $\text{NH}_4\text{F}$  y  $\text{HCl}$  al 1 N.
- b) Solución reveladora de color (Ácido Sulfúrico, Molibdato de Amonio y Tartrato de Potasio)
- c) Ácido Ascórbico
- d) Agua destilada

**MÉTODO OLSEN (1954)**

El método de Olsen con bicarbonato de sodio fue desarrollado por Sterling R. Olsen y sus colaboradores en 1954 para predecir la respuesta del cultivo a la adición de fertilizantes de fósforo en suelos calcáreos. Se utiliza como método predilecto en suelos calcáreos, particularmente aquellos con más del 2% de carbonato de calcio, pero se ha demostrado en algunas investigaciones ser razonablemente eficaz para suelos ácidos (Molina, 2012).

Este método se basa en el uso de una solución de  $\text{NaHCO}_3$  0,5M para disminuir las concentraciones de solución de  $\text{Ca}^{+2}$  soluble por precipitación como  $\text{CaCO}_3$ , y  $\text{Al}^{+3}$  y  $\text{Fe}^{+3}$  por la formación de Al y oxi-hidroxidos de hierro, con lo que aumenta la solubilidad del fósforo, las cargas superficiales negativas mayores y/o la disminución del número de sitios de absorción en la superficie de Fe y Al de óxido en los niveles altos de pH también mejoran la desorción de fósforo disponible en la solución (Molina, 2012).

Para Olsen un valor de 10 mg/kg se considera generalmente óptimo para el crecimiento vegetal.

Cuando la solución de extracción se añade al suelo, hay cuatro reacciones básicas mediante las cuales el fósforo se elimina de la fase sólida:

- 1) Acción de disolución de los ácidos
- 2) Sustitución del anión para mejorar la desorción
- 3) Completación de cationes que unen fósforo
- 4) Hidrólisis de cationes que unen fósforo. (Elrashidi, 2007)

**Materiales y equipos:**

- a) Muestras de suelo tamizado a 2 mm.
- b) Pipeta de 5 ml.
- c) Cilindros Aforados de 50 ml.
- d) Matraz Erlenmeyer de 50 ml.
- e) Soporte universal.
- f) Papel de filtro Whatman N° 42.
- g) Embudos.
- h) Agitador con capacidad de 200 (o más) r.p.m.
- i) Balanza analítica.
- j) Fotocolorímetro.

**Reactivos:**

**Solución Extractora de Olsen** ( $\text{NaHCO}_3$  0,5 M, pH 8,5): Disolver 420 g de bicarbonato de sodio en agua destilada y completar a un volumen final de 10 L. Ajustar el pH de la solución a un valor de 8,5 añadiendo hidróxido de sodio al 50%.

Acido Sulfúrico 5 N

Solución de Molibdato de Amonio 4.0% p/v.

Solución de Acido Ascorbico 0.1 N.

Solución Tartrato de Potasio, Antimonio (1mg Sb/ml)

Solución Reveladora de color

### **MÉTODO MEHLICH III**

Este método de análisis de suelo es una variante del Método Mehlich 1. Utiliza un extractante multielemental mejorado para P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn. Actualmente es utilizado comúnmente porque es adecuado para una gran variedad de suelos, tanto ácidos como alcalinos en la reacción. El principio del Método Mehlich 3 es similar en principio al de Bray y Kurtz P-1, porque contiene una solución ácida de fluoruro de amonio. La solución extractora de este método contiene ácido acético, el cual contribuye a la liberación de fósforo disponible en la mayoría de los suelos (Boanerges, 2014).

Es más eficaz que el Método Mehlich 1 en la predicción de la respuesta de los cultivos al fósforo en suelos neutros y alcalinos, porque la acidez del extractante se neutraliza menos por el carbonato de calcio. Varios estudios han demostrado que Mehlich 3 está altamente correlacionado con el fósforo extraído de los suelos por el Método Bray y Kurtz P-1, Mehlich 1 y Olsen. Para el Método Mehlich 3, un valor de 45 a 50 miligramos por kilogramo, es generalmente considerado como óptimo para el crecimiento de las plantas y los rendimientos de los cultivos (Boanerges, 2014).

#### **Materiales:**

- a) Tubo de centrifugación de 100ml
- b) Balanza Analítica
- c) Centrifugadora
- d) Embudos de filtración

- e) Papel de filtro Whatman N° 42
- f) Pipetas de 4 y 5 ml
- g) Balón aforado de 25 ml
- h) Spectronic
- i) Curva de calibración de fósforo.

#### **Soluciones:**

- a) Solución de Fluoruro de Amonio – EDTA (3,75 M  $\text{NH}_4\text{F}$  - 0,25 M EDTA)
- b) Solución extractora Mehlich 3 a pH – 2,50: (0,2 N  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  - 0,25 N  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 0,015 N  $\text{NH}_4\text{F}$  - 0,013 N  $\text{HNO}_3$  – 0,001 M EDTA)
- c) Solución base de Molibdato Sulfúrico Tartrato (STMS)
- d) Solución Base de Ácido Ascórbico
- e) Solución Coloreadora de Trabajo de Ácido Ascórbico y Molibdato (WAMS)
- f) Solución Base Estándar de Trabajo de Fosforo (WSSPS), 100,0 mg P L-1

#### **Preparación de Reactivos Método Mehlich 3**

Para la preparación de los reactivos se consideraron las recomendaciones emanadas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en su publicación Soil Survey Laboratory Methods Manual versión 4.0 del año 2.004. A continuación se detalla el procedimiento.

#### **Solución de Fluoruro de Amonio –EDTA (3,75 M $\text{NH}_4\text{F}$ - 0,25 M EDTA):**

Se disuelven 138,9 g de  $\text{NH}_4\text{F}$  en 600 ml de agua desionizada y se adicionan 73,06 g de EDTA (ó 93,06 g. de EDTA disódico dihidratado:  $\text{Na}_2$  - EDTA  $2\text{H}_2\text{O}$ ), se disuelve y se diluye a 1000 ml.

**Solución extractora Mehlich 3 a pH – 2,50: (0,2 N CH<sub>3</sub>-COOH - 0,25 N NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> – 0,015 N NH<sub>4</sub>F - 0,013 N HNO<sub>3</sub> – 0,001 M EDTA):**

Se disuelven 80,05 g de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> en cerca de 3000 ml de agua desionizada. Se adicionan 16,0 ml de la solución de Fluoruro de Amonio - EDTA (3,75 M NH<sub>4</sub>F - 0,25M EDTA) y se mezcla bien. Se agregan 46 ml de ácido acético glacial concentrado (CH<sub>3</sub>-COOH) y 3,3 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado y se completa a 4l con agua desionizada. El pH final debe ser de 2,50 ± 0,05. Se ajusta si es necesario usando HCl 1 M para bajar el pH, o NH<sub>4</sub>OH 1 M para subirlo.

**Solución base de Molibdato Sulfúrico Tartrato (STMS):**

Se disuelven 100 g de Molibdato de Amonio Tetrahidratado [(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> • 4H<sub>2</sub>O] en 500ml de agua destilada. Se añaden 2,425 g de antimonio de Potasio tartrato hemihidratado [K(SbO)C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> • 1/2H<sub>2</sub>O] en la solución de molibdato de amonio y se disuelve. Lenta y cuidadosamente se adicionan 1400 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y se mezcla bien. Se enfría y diluye a 2 l con agua destilada. Se debe almacenar en la oscuridad bajo refrigeración.

**Solución Base de Acido Ascórbico:**

Se disuelven 8,8 g de ácido ascórbico y diluyen a 100 ml con agua destilada. Se prepara diariamente.

**Solución Reveladora de Color de Trabajo de Ácido Ascórbico y Molibdato (WAMS):**

Se diluyen 20 ml de la solución STMS y 10 ml de la solución de ácido ascórbico y se lleva a 1 litro con agua destilada. La solución debe llegar a temperatura ambiente. Se prepara diariamente.

### **Solución Base Estándar de Trabajo de P (WSSPS), 100,0 mg P L:**

En un frasco volumétrico de 1 litro se disuelven 0,4394 g de fosfato dihidrogenado de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) (secado por 2 horas a  $110\text{ }^\circ\text{C}$ ) en cerca de 800 ml de solución extractora. Diluya a 1 litro con solución extractora e invierta para mezclar. Almacene en envases de polietileno. Se debe renovar semanalmente. Almacene en refrigerador.

### **CURVA DE CALIBRACIÓN**

Una curva de calibración es la representación gráfica de una señal que se mide en función de la concentración de un analito. La calibración incluye la selección de un modelo para estimar los parámetros que permitan determinar la linealidad de esa curva, y en consecuencia, la capacidad de un método analítico para obtener resultados que sean directamente proporcionales a la concentración de un compuesto en una muestra, dentro de un determinado intervalo de trabajo (Dosal y Villanueva, 2008).

En la práctica para construir la curva de calibración se utilizan disoluciones que contienen concentraciones conocidas de analito, llamadas disoluciones patrón o estándar. Los estándares o disoluciones patrón para construir la recta de calibrado deben ser preparadas en forma independiente, a partir de una o varias soluciones madre; el número de puntos a escoger dependerá del uso que se dé a la recta de calibrado (Dosal y Villanueva, 2008).

Sin embargo, si el método está en una etapa de desarrollo, el número de puntos mínimo será de cinco o seis para que la variabilidad sea mínima y el intervalo lineal sea suficiente. Hay que considerar que un aumento en el número de puntos experimentales implicara mayor fiabilidad en la recta de calibrado. La verificación del comportamiento de un analito mediante una curva de calibración requiere un

mínimo de cinco puntos para un intervalo de confianza del 95 % y de ocho puntos para uno del 99% (Dosal y Villanueva, 2008).

Es importante señalar que los métodos analíticos son establecido por instituciones nacionales o internacionales que proporcionan procedimientos y características del método y que concluyen con indicadores de calidad (denominados características del desempeño analítico) que suelen incluir: exactitud, precisión, especificidad, además de los parámetros que se determinan a partir de los curvas de calibración.

## **CORRELACIÓN Y CALIBRACIÓN**

La correlación de un análisis es la determinación de la relación que existe entre la cantidad de nutriente aprovechado por la planta y la cantidad extraída por el método. La calibración de un análisis es el procedimiento de dar sentido a los resultados en términos de la respuesta del cultivo. A veces el método no mide la forma disponible del nutriente en el suelo y resulta en una correlación baja. Para obtener datos para calibrar un método, el extractante tiene que extraer una cantidad del nutriente la cual es proporcional a la cantidad que extrae la planta. Los resultados solo tienen sentido en cuanto estén relacionados con la respuesta del cultivo. El tipo de suelo y el cultivo son importantes en estudios de correlación y calibración. (McKean, 1993)

## **PAISAJES NATURALES DEL ESTADO MONAGAS**

Según el Instituto Venezolano de Estadística (INE) (2013), El territorio del estado Monagas está conformado por tres paisajes naturales bien definidos: Montaña (Serranía de Turimiquire), Mesas (Llanos Altos) y Planicies (Llanos Bajos). Mientras que el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR)

(1997), cita que, El estado Monagas presenta un relieve variado y accidentado que va desde tierras planas, bajas y anegadizas, hasta encumbradas montañas. Esta variedad altitudinal puede sintetizarse de la siguiente manera:

El Paisaje de Montaña (Serranía de Turimiquire) Comprende aproximadamente 250.000 ha. y se ubica en la parte noreste del estado; es una continuación del Sistema Montañoso del Interior. Este bloque montañoso es de relieve complejo, presenta topografía muy accidentada, con grandes desniveles, pendientes superiores a 45%, existen valles y depresiones intramontañosas de relieve plano y pendientes menores dominados por vertientes (MARNR, 1997).

Presenta un material geológico de edad cretácea, constituido exclusivamente por rocas sedimentarias, predominantemente areniscas, lutitas y calizas, siendo las formaciones geológicas principales: El Cantil, Barranquín, Guayuta y Querecual; tiene elevaciones entre 400 y 2300 m.s.n.m, con valles y depresiones importantes (INE, 2013).

El Paisaje de Mesas (Llanos Altos) Ocupan una extensa superficie del estado, 150.000 ha., aproximadamente, presentando altitudes desde 450 m.s.n.m. hasta los 10 m.s.n.m., el relieve es plano con una inclinación general hasta el Sureste, pendientes suaves entre 1 – 2%. La mesa constituye un relieve tabular de altiplanicie, formada por numerosas mesas individualizadas, en algunos casos afectados por erosión regresiva, destacándose la presencia de altiplanicie o mesa del piedemonte, altiplanicie (mesa llana) y altiplanicie (mesa disectada) (MARNR, 1997)

El Paisaje de Pie de Monte (del Turimiquire) Es un área de transición entre el sistema montañoso y los llanos altos, ocupa una extensión de 300.000 ha., está conformado por una asociación de paisajes de colinas, mesas y valles, con un relieve suavemente inclinado con pendientes entre 2% y 25%, estas últimas en sectores muy

disectados con desniveles fuertes (MARNR, 1997). Presenta un basamento geológico, constituido por cantos, bloques y guijarros, provenientes de la Serranía del Interior, con elevaciones inferiores a 400 m.s.n.m (INE, 2013).

La mesa llana tiene sedimentos del cuaternario de origen diverso: hacia el norte son del cretáceo-terciario, provenientes de la Serranía del Interior y hacia el sur, predomina la fracción arena, proveniente del Escudo Guayanés; es una altiplanicie de topografía plana o casi plana, con pendientes de 1 a 2% y elevaciones menores de 40 m.s.n.m (INE, 2013).

El Paisaje de Planicies constituye los llanos bajos, los cuales se diferencian de las mesas o altiplanicies por su génesis, morfodinamismo y condiciones físico-naturales. La planicie de desborde presenta sedimentos fluviales de origen diverso, depositados por los ríos que atraviesan la mesa; el material de la planicie deltaica es reciente, de origen aluvial proveniente de la Formación Mesa; la planicie cenagosa costera constituye un medio de origen marino; y la planicie aluvial del Orinoco presenta sedimentos muy recientes de dicho río. Se caracterizan por presentar un relieve muy plano, con pendientes menores al 1%, algunas veces formando depresiones (INE, 2013).

En cuanto a los suelos, los predominantes en las mesas son de orden Ultisol, muy lixiviados; Entisoles de poco desarrollo pedogenético y Oxisoles pobres en nutrientes. En la mesa de piedemonte son, en general, de poca profundidad y permeabilidad, así como de baja fertilidad, algunos presentan alta pedregosidad. En la mesa llana, existen grandes sectores con suelos de texturas medias a partir de 50cm de profundidad, los cuales constituyen los de mejores condiciones físicas para la actividad agropecuaria, por estar bien drenados. En las planicies predominan los suelos arcillosos de texturas finas y medias del orden Inceptisol y Vertisol. En el sector montañoso, los suelos son característicos de tierras misceláneas, asociados

algunas veces con afloramientos rocosos, poco profundos, de moderada a alta pedregosidad, moderada a baja fertilidad y alta susceptibilidad a la erosión (INE, 2013).

## DESCRIPCIÓN FÍSICO NATURAL

El municipio Aguasay, se encuentra ubicado al Sur-Oeste del estado Monagas, geográficamente entre las coordenadas 63° 22' – 63° 58' Longitud Oeste y 8° 57' – 9° 33' de Latitud Norte. Abarca un área de 258 km<sup>2</sup>, siendo su capital la ciudad de Aguasay. (MARNR, 1997).

El municipio se caracteriza por presentar fisiográficamente un paisaje de Mesa Plana y Mesa Disectada, predominando en la zona este último, su temperatura media anual es de 25,4 °C y la precipitación promedio anual de 1055,1 mm. Cuenta con importantes recursos hídricos, entre los que destacan los ríos: Tonoro, Caris, Oritupano, Guanipa, Aribi, Ñato y las quebradas El Latal y Las Gaviotas (MARNR, 1997).

Las características climáticas del Municipio, permiten clasificarlo dentro de la zona de vida Bosque Seco Tropical, encontrándose especies vegetales, representativas de sabana abierta: Paja Peluda (*Paspalum paniculatum*), Chaparro (*Curatella americana*), Chaparro Manteco, (*Byrsonima crassifolia*), Aceite (*Copaifera officinalis*) (MARNR, 1997).

El municipio Caripe, se encuentra ubicado al Norte del estado Monagas, geográficamente entre las coordenadas 63° 11' – 63° 37' Longitud Oeste y 10° 04' – 10° 19' de Latitud Norte. Cubre una superficie de 529 km<sup>2</sup>, siendo su capital la ciudad de Caripe (MARNR, 1997).

El paisaje característico del Municipio es el de Montaña, la temperatura oscila entre 12 y 24 °C, con una precipitación promedio anual de 1124 mm. Su recurso hídrico más importante lo constituye el Río Caripe (MARNR, 1997).

La vegetación presente es la de Bosque Húmedo Premontano, con especies vegetales representativas tales como: Bucare (*Erythrina glauca*), Guamo (*Inga sp*), Tabaquero (*Solanum sp*), Majagua (*Heliocarpus popayanensis*), Rosa de Montaña (*Brownea sp*), Tacamahaca (*Protium sp*), Laurel (*Ocotea glomerata*) y Cacao de Monte (*Gustavia parviflora*) (MARNR, 1997).

El municipio Cedeño, se encuentra ubicado al Nor-Oeste del estado Monagas, entre las coordenadas 63° 28' – 64° 03' Longitud Oeste y 09° 33' – 10° 05' de Latitud Norte. Posee una superficie de 1695 km<sup>2</sup>, siendo su capital la ciudad de Caicara de Maturín (MARNR, 1997).

Las unidades fisiográficas características de este Municipio son el paisaje de Montaña, Mesa de Pie de Monte y Mesa Llana, presentando además temperatura promedio anual de 26,0 °C y precipitaciones de 1023 mm, promedio anual. El recurso hídrico de mayor importancia lo constituye el Río Guarapiche, que nace en el Macizo Montañoso del Turimiquire, utilizado fundamentalmente para riego de áreas agrícolas, cuyos tributarios más importantes son: Río Capiricual, Río Guatatal y Río de Oro (MARNR, 1997).

La vegetación predominante es la del clima Bosque Seco Tropical, siendo representantes arbóreos de la zona de vida el Araguaney (*Tabebuia chrysantha*), Indio Desnudo (*Bursera simaruba*), Tiamo (*Acacia glomerata*), Siete Capas (*Machaerium robiniaefolium*), Alatrique (*Cordia sp*), y Hueso Pescado (*Pithecellobium lanceolatum*), esta vegetación esta asociada con la vegetación típica de sabana: Chaparros (*Curatella americana*), Alcornoque (*Bowdichia virgilioides*) (MARNR, 1997).

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

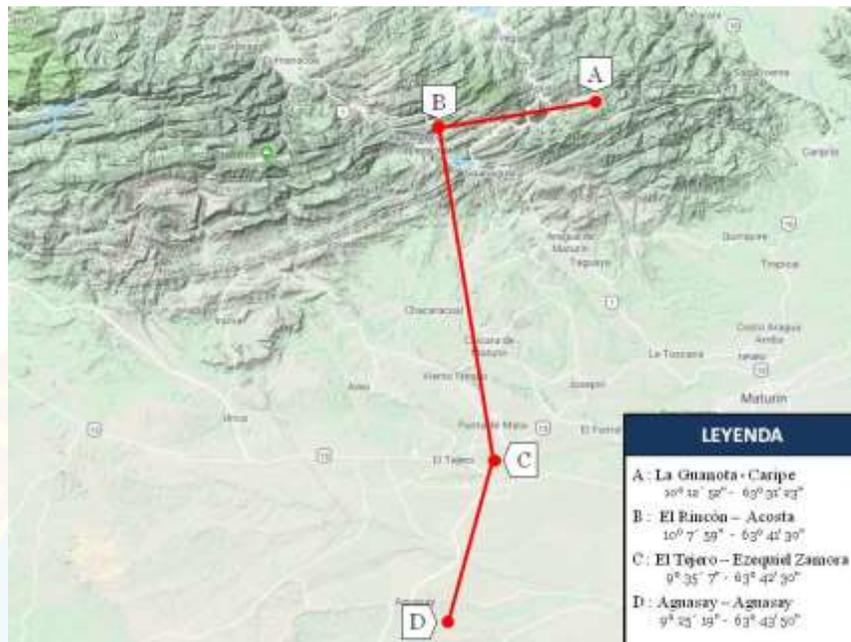
#### **UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO**

La investigación se realizó en el periodo del mes Junio y el mes de Julio de 2017, realizando un muestreo en los 4 tipos de suelos que constituyen los diferentes paisajes geográficos del estado Monagas, en el eje Caripe – Punta de Mata, específicamente en La Guanota, Municipio Caripe; El Rincón, Municipio Acosta; El Tejero, Municipio Ezequiel Zamora y Aguasay, Municipio Aguasay, los cuales fueron llevados luego al Laboratorio de Suelos, en el Centro de Postgrado de la Universidad de Oriente, Campus Juanico, Maturín, estado Monagas, localizado en las coordenadas geográficas  $9^{\circ} 44' 14''$  –  $63^{\circ} 9' 27''$ , una altitud promedio de 60 m.s.n.m.

#### **METODOLOGÍAS**

##### **Metodología de Muestreo**

La muestra de suelo consiste en una mezcla de porciones de suelo (sub-muestras) tomadas al azar, de un terreno heterogéneo cuyo procedimiento permite a los agricultores tener un indicador excelente para el uso correcto, tanto de fertilizantes químicos y orgánicos, como de enmiendas, dado a que esta es la manera de evaluar la fertilidad del suelo antes de establecer un cultivo agrícola



**Figura 1. Ubicación Geográfica de las áreas muestreadas en el Eje Caripe - Punta de Mata**

El muestreo se llevó a cabo en la transecta demarcada bajo el eje Caripe – Punta de Mata en donde se presenta las variaciones más significativas de la geomorfología del estado Monagas. En cada parcela se realizó tres barrenos en diversos puntos del área (como lo muestra la Figura 8) a una profundidad de 0,25 m, retirando previamente los restos vegetales sobre el suelo (hojarasca en parcelas en descanso y restos de cosecha en el caso de los otros suelos). Las muestras se guardaron en bolsas de polietileno de 1 kg en las que fueron llevadas a laboratorio para ser tamizadas por malla de 2 mm.

#### **Método Bray y Kurtz P-1 (1945)**

Consiste en un método rápido para estimar las formas de fósforo disponible para las plantas. En resumen, el método conocido como Bray I se trata de una extracción con una solución mezcla de  $\text{NH}_4\text{F}$  0,03N y  $\text{HCl}$  0,025N, que se basa en el

efecto solubilizador del  $H^+$  sobre el fósforo del suelo y la capacidad del ión  $F^-$  de bajar la actividad del  $Al^{+3}$ , evitando la readsorción de los fosfatos en el sistema de extracción.

**Procedimiento:**

- Se pesó 2 gr. de suelo seco y tamizado a 2 mm.



**Figura 2. Pesado de Muestras**

- Se colocaron en un tubo de 100 ml de la centrifugadora.



**Figura 3. Tubos de Centrifugadora con las muestras**

- Se agregó a cada uno de los tubos 20 ml de Solución Extractora  $\text{NH}_4\text{F}$  y  $\text{HCl}$  1N.



**Figura 4. Agregado de la Solucion de  $\text{NH}_4\text{F}$  y  $\text{HCl}$  1N**

- Se llevaron las muestras a un agitador mecánico por 5 minutos, para centrifugar a 3500 r.p.m. durante 5 minutos.



**Figura 5. Muestras en proceso de Agitación**

- Se decantó en embudos de filtrado, para obtener la solución sin ningún tipo de impurezas.



**Figura 6. Embudos de Filtrado**

- Se extrajo 5 ml del filtrado, para adicionarlo en un balón de 25 ml, adicionando 4 ml de Solución Reveladora de color más Ácido Ascórbico y se completó al menisco con 16 ml de agua destilada.



**Figura 7. Medición de Solución Reveladora**

- Posteriormente, se llevó a reposar por 1 hora.



**Figura 8. Muestras en Reposo**

- Luego de pasar el tiempo de reposo se determinó el Porcentaje de Transmisión (%T) a una longitud de onda de  $660\mu$ , pero antes se debió calibrar el fotospectrómetro con un blanco preparado con la mezcla de todos los reactivos usados en el ensayo menos el suelo y el ácido ascórbico.



**Figura 9. Medición de Transmisiones por medio del Spectronic**

**Cálculo y resultado así:**

$$\text{ppm de fósforo en el suelo} = \text{ppm de fósforo en la gráfica} * 20 * 25 / 2 * 5$$

**Nota:** Para obtener el valor de fósforo en la gráfica, primero se cortó la curva con el porcentaje de transmitancia calculado y luego se proyectó el punto de corte hasta el valor de la concentración de fósforo deseada.

**Método Olsen (1954)**

Se basa en el uso de una solución de bicarbonato sódico 0,5 M ( $\text{NaHCO}_3$ ) a un pH de 8,5 para extraer fósforo de suelos calcáreos, alcalinos y neutros. Este extractor disminuye el calcio en solución, a través de la precipitación de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), y esta disminución aumenta la disolución de Ca-fosfatos. Además, este extrae el fósforo disuelto y adsorbido sobre superficies de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y Oxido de Hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

**Procedimientos:**

1. Se pesó 2,5 g de suelo seco y tamizado, y transfiriéndolo luego a un matraz Erlenmeyer de 100 ml.
2. Añadí 50 ml de solución extractora de Olsen a cada matraz y se llevó a la agitadora mecánica a 200 o más r.p.m. durante 30 minutos a una temperatura ambiente.
3. Se decantó los extractos por un papel de filtrado. En algunos casos cuando los extractos no fueron claros se tuvo que filtrar de nuevo.
4. Se extrajo 2,0 ml del filtrado, adicionándole 19 ml de agua destilada y 4,0 ml de Solución Reveladora de Color.

5. Luego en un periodo de tiempo de una hora se llevó una fracción de esta última solución al fotocolorímetro para leer el porcentaje de transmitancia (%T) a 882  $\mu$ m.
6. Los porcentajes de transmitancias obtenidos se llevaron a la gráfica para calcular la cantidad de mg/kg en el suelo de fósforo.

**Cálculos:**

$$P \text{ extractable (mg/kg)} = 250 \times (\text{mg/kg de la grafica}).$$

**Método Mehlich III**

**Procedimiento:**

1. Se pesaron 2,5 g de suelo de cada una de las muestras secadas al aire y se colocaron en un tubo de centrífuga de 100 ml. Se agregaron 25 ml de solución extractora al tubo. Se llevaron las muestras al agitador. Se agitaron por 5 min a 200 oscilaciones por minuto a  $(20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C})$ .
2. Luego de retiraron las muestras del agitador, se centrifugaron a 2.000 r.p.m. por 10 min, se decantaron, se filtraron, y se colectó el extracto de cada muestra en beakers.
3. Se usó una pipeta para transferir 1 ml de alícuota de la muestra a un matraz. Se agregaron 27 ml de la solución reveladora de color (WAMS) a la alícuota de cada una de las muestras. Se agitaron para mezclar las soluciones. Se requirió de un mínimo de 65 min para el desarrollo de color antes de realizar la lectura.
4. Se transfirieron las muestras a las celdas de lectura. Se graduó el espectrofotómetro a 882 $\mu$  y se calibró con el blanco. Luego al tener los porcentajes de Transmitancia de cada muestra, se determinó el contenido de fósforo de cada una usando una curva de calibración.

Para convertir el extracto con P (mg/L) a contenido de P en el suelo (mg/kg) se procede de acuerdo a lo siguiente:

$$\text{Contenido de P en el suelo (mg/kg)} = [(A \times B \times C \times R)/E]$$

Donde:

A = Lectura en la grafica del extracto en la muestra (mg L)

B = Volumen del extracto (l) = 25 ml

C = Dilución = 28

R = Relación Suelo seco al aire / Suelo seco al horno

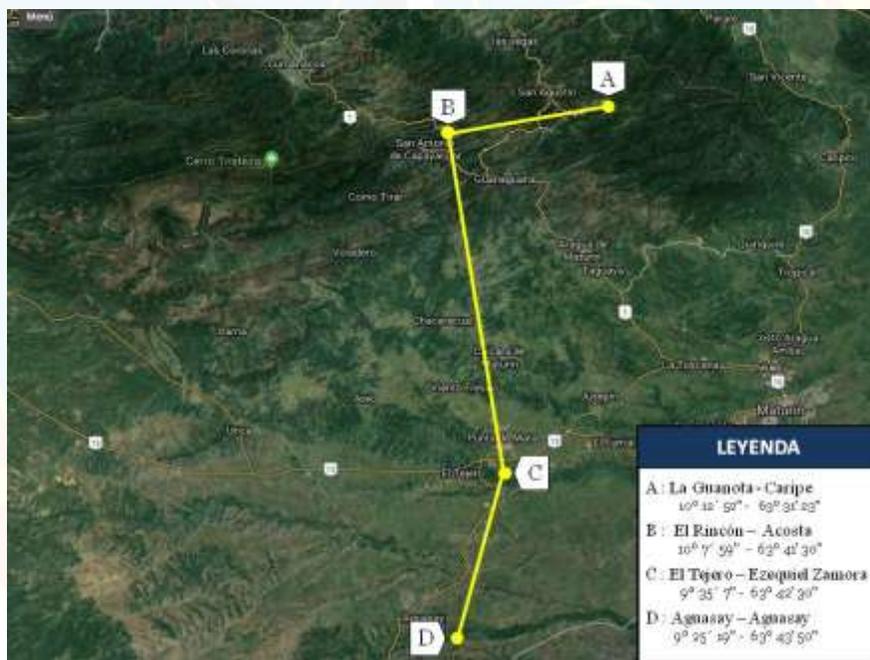
E = Peso de la muestra (g) = 2,5

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta los análisis de los resultados de la investigación de manera sistemática, con la finalidad de lograr los objetivos planteados.

#### RECOLECCIÓN DE CUATRO TIPOS DE SUELOS (EJE CARIPE – PUNTA DE MATA), PARA REALIZAR LA CALIBRACIÓN DEL ELEMENTO FÓSFORO



**Figura 10. Vista Satelital de la Ubicación geográfica de las áreas muestreadas en el Eje Caripe - Punta de Mata**

El muestreo de suelos tuvo lugar en cuatro (04) zonas del Estado Monagas, abarcando totalidad de la extensión del Eje Caripe – Punta de Mata con el fin de determinar la variación de la concentración de fosforo del suelo.

Las parcelas de estudio se ubicaron según la geomorfología del estado Monagas, ubicando puntos de recolección desde el paisaje de Montaña, en el Municipio Caripe concretamente en el sector de La Guanota,  $10^{\circ} 12' 52''$  latitud Norte y  $63^{\circ} 31' 23''$  de longitud Oeste, encontrándose la región a una altitud aproximada de 1.136 m.s.n.m.

El muestreo del paisaje de Valle, se realizó en el Municipio Acosta, en el sector del Rincón de San Antonio de Capayacuar,  $10^{\circ} 7' 59''$  latitud Norte y  $63^{\circ} 41' 30''$  de longitud Oeste, con una altitud aproximada de 446 m.s.n.m.

En el municipio Ezequiel Zamora, específicamente en la localidad de El Tejero se tomaron las muestras de Sabana,  $9^{\circ} 35' 7''$  latitud Norte y  $63^{\circ} 42' 30''$  de longitud Oeste, de una altura de 241 m.s.n.m. Son suelos con un pH ligeramente ácido a neutro, lo que incide levemente sobre la disponibilidad de nutrientes.

Para el muestreo de Pie de Monte la localidad a la que se acudió fue el municipio Aguasay,  $9^{\circ} 25' 19''$  latitud Norte y  $63^{\circ} 43' 50''$  de longitud Oeste, de una altura de 218 m.s.n.m., muestreo que se realizó en una unidad de producción en la cual se estaba ejecutando labores agronómicas en diferentes etapas para el cultivo de maíz, dentro de esas labores se involucran la fertilización y el movimiento de la capa superficial del suelo por medio del arado.

Para este tipo de suelo se realizó un muestreo paralelo, con la finalidad de demostrar las interacciones de las diferentes actividades agronómicas aplicadas a un suelo, en esta zona se estaban realizando actividades de preparación de tierras para implementar un cultivo de ciclo corto, con trabajo de labrado, fertilización, eliminación de malezas que de cierto modo ayudaría a la exposición del fósforo.

Según Mallarino, *et al* (2014) “la validez de un determinado valor analítico para un suelo depende de un correcto muestreo. Cuando la muestra analizada no es representativa, el resultado del análisis dará un valor que no describe necesariamente la propiedad del suelo que se determina. Para que el valor analítico pueda servir para describir la propiedad o característica que se está investigando es necesario que: la muestra represente el suelo en su totalidad, no se produzcan cambios en la muestra global, o en las distintas partes en que se dividan, antes de realizar los análisis, las distintas alícuotas de la muestra representen al total”

### **CALIBRACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS (BRAY-KURTZ I, OLSEN Y MEHLICH III) PARA LA DETERMINACIÓN DEL ELEMENTO FÓSFORO, EN CADA UNO DE LOS TIPOS DE SUELO.**

Según Vázquez, (1.997), la Tabla de interpretación para los resultados obtenidos en los cálculos a través de la Metodología de Bray y Kurtz I son los siguientes:

**Cuadro 1. Tabla de Interpretación de la Metodología de Bray y Kurtz I**

|                |       |
|----------------|-------|
| <b>&lt; 15</b> | Bajo  |
| <b>15 - 30</b> | Medio |
| <b>&gt; 30</b> | Alto  |

Fuente. Vázquez, 1997. Citado por: Cano, A. 2.009

En las muestras de Sabana se noto una extracción media en las cantidades de mg/kg de fosforo según lo obtenido en las mediciones realizadas, esto debido a que al ser una mezcla compuesta no es completamente homogénea y la concentración de fosforo en la repetición 1 fue mas elevada que en las 3 repeticiones consecuentes.

En cuanto a los resultados de los suelos de Valle, se encuentran en un margen de extracción bajo, debido a que, la variación obtenida presenta rangos similares de

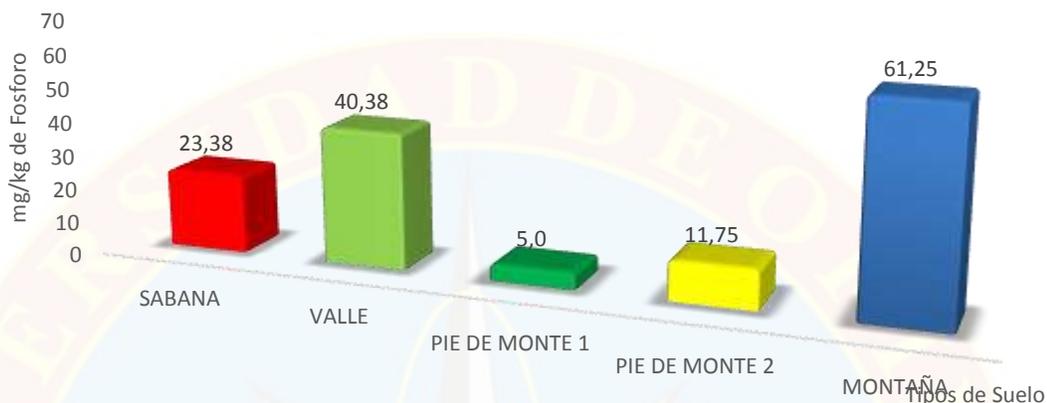
concentraciones del elemento estudiado en cada una de ella, revelando mediante la parte experimental una cantidad considerable de fosforo contenido en este tipo de suelo, a través de fosfatos.

Se puede observar que los suelos de Pie de Monte 1 presentan muy baja cantidad de fosforo en ellos, con un margen de variabilidad muy mínimo entre repeticiones, con poca disponibilidad de fosfatos libres para ser absorbido por las plantas, considerando que el fosforo es un elemento con muy poca movilidad y que la zona donde se realizo el muestreo se encontraba en proceso de crecimiento de cultivo, por tal motivo el trabajo de labrado cumple un papel importante en cuanto a la movilidad del elemento, trabajo que no fue notorio en este caso por las bajas concentraciones obtenidas por las muestras en la laboratorio.

Los suelos de Pie de Monte 2, contienen bajas cantidades de fosforo, que a pesar de la incorporación de este a través de la fertilización mediante formulas compuestas, aun así los resultados fueron mas representativos que en las muestras de Pie de Monte 1, se presume por la aplicación de formulas compuestas con anterioridad. Esto es lo que podría explicar por si mismo la variación de las 4 repeticiones.

Los suelos de Montaña para la zona de Caripe contienen altas cantidades de fosfatos disponibles para las plantas, estas fueron las muestras con mayor extracción de fosforo que se obtuvieron a nivel de laboratorio. Son suelos que significativamente pueden ser usados para obtener lo mejores resultados en cuanto a la disponibilidad de fosforo para las plantas, como lo demuestra este método a nivel experimental.

## BRAY I



**Figura 11. Gráfica de mg/kg extraídos por la Metodología de Bray y Kurtz I**  
Fuente. Propia

**Cuadro 2. Promedios de Resultados en la Metodología de Bray y Kurtz I**

| TIPO DE SUELO  | PROM. | INTERPRETACION | COLOR        |
|----------------|-------|----------------|--------------|
| SABANA         | 23,38 | Medio          | Rojo         |
| VALLE          | 40,38 | Alto           | Verde        |
| PIE DE MONTE 1 | 5     | Bajo           | Verde oscuro |
| PIE DE MONTE 2 | 11,75 | Bajo           | Amarillo     |
| MONTAÑA        | 61,25 | Alto           | Azul         |

Fuente. Propia

Según Rioja Molina, A. (2.002), la Tabla de interpretación para los resultados obtenidos en los cálculos a través de la Metodología de Olsen son los siguientes:

**Cuadro 3. Tabla de Interpretación de la Metodología de Olsen**

|                |          |
|----------------|----------|
| <b>0 - 6</b>   | Muy Bajo |
| <b>7 - 12</b>  | Bajo     |
| <b>13 - 18</b> | Normal   |
| <b>19 - 30</b> | Alto     |
| <b>&gt; 30</b> | Muy Alto |

Fuente. Rioja Molina, A. (2002), Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real. Citada por: Pavón, A. 2.010

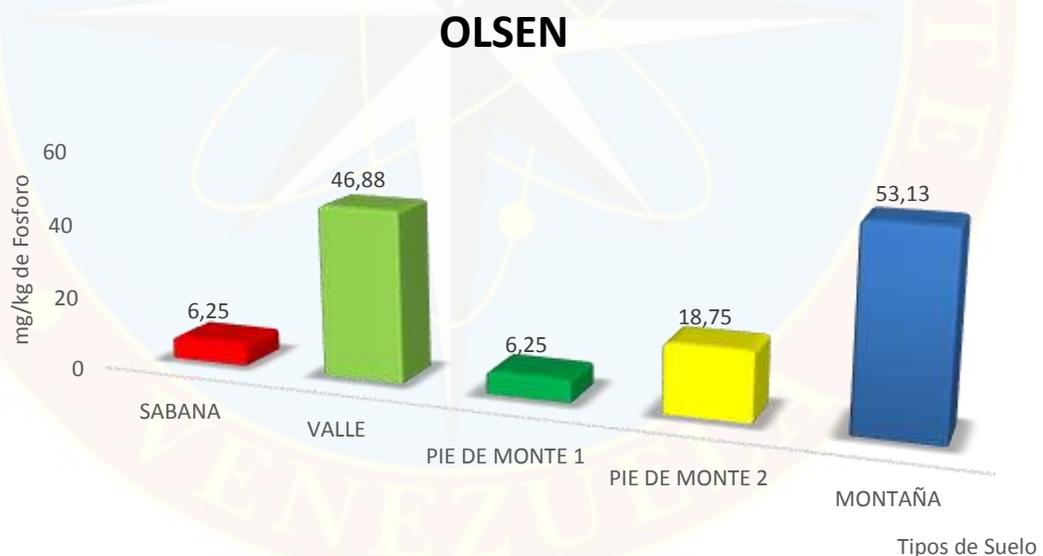
En las muestras de Sabana bajo la metodología de Olsen, se notó muy poco poder de extracción, aunque la variación no es muy amplia, el rango de liberación de fosfatos con esta metodología puede observarse que es muy bajo en las cantidades de mg/kg de fosforo según lo obtenido en las mediciones realizadas. En la parte experimental realizada en el laboratorio muy poco fue la variación de color en los balones aforados, la coloración de estos fue casi imperceptible.

Los suelos de Valle los resultados son de amplio margen, esta metodología se puede adaptar perfectamente a este tipo de terreno, ya que la respuesta en cuanto a extracción de fosfatos es muy alta en comparación a los otros tipo de suelo estudiados con esta misma metodología, demostrando el poder la solución extractora para los suelos de Valle.

Los suelos de Pie de Monte con muy baja cantidad de fosforo, lo cual ocasiona una mínima disponibilidad de fosfatos para las plantas, esto fue demostrado por la coloración de los balones aforados en el laboratorio, donde se encontraba la solución, que fue completamente nula e imperceptible la variabilidad de color al ojo humano, y corroborado al momento de realizar los cálculos, cabe resaltar la zona del muestreo se encontraba en proceso de crecimiento de cultivo, actividad que implica movilidad del elemento por factores como la planta y todas las labores agronómicas que corresponden a este tipo de eventos.

En el muestreo paralelo de Pie de Monte tomado para visualizar los diferentes impactos de actividades agronómicas aplicadas a un suelo, por la implementación de un cultivo de ciclo corto. Se demostró que a pesar de la incorporación de fósforo por medio de fertilización compuestas, los resultados indican los altos niveles de fosfatos presentes en el suelo, porque se puede asumir que el aumento de los niveles de este se debe a la incorporación del elemento a través de la fertilización suministrada en ciertos periodos de las labores agronómicas que se realizaban en ese lugar.

Suelos con importantes cantidades de fosfatos disponibles para las plantas, suelos con niveles de extracción muy altos de fósforo. Son suelos que significativamente pueden ser usados para obtener los mejores resultados en cuanto a la disponibilidad de fósforo para las plantas.



**Figura 12. Gráfica de mg/kg extraídos por la Metodología de Olsen**  
Fuente. Propia

**Cuadro 4. Promedios de Resultados en la Metodología de Olsen**

| TIPO DE SUELO  | PROM. | INTERPRETACION | COLOR  |
|----------------|-------|----------------|--------|
| SABANA         | 6,25  | Bajo           | Red    |
| VALLE          | 46,88 | Muy Alto       | Green  |
| PIE DE MONTE 1 | 6,25  | Bajo           | Green  |
| PIE DE MONTE 2 | 18,75 | Normal         | Yellow |
| MONTAÑA        | 53,13 | Muy Alto       | Blue   |

Fuente. Propia

Según Mallarino, A. (2.003), la Tabla de interpretación para los resultados obtenidos en los cálculos a través de la Metodología de Mehlich III son los siguientes:

**Cuadro 5. Tabla de Interpretación de la Metodología de Mehlich III**

|         |          |
|---------|----------|
| 0 - 20  | Muy Bajo |
| 21 - 30 | Bajo     |
| 31 - 40 | Optimo   |
| 41 - 50 | Alto     |
| > 51    | Muy Alto |

Fuente. MALLARINO, A.P. (2003). Calibración para el cultivo de maíz de la metodología de Mehlich-3 para la determinación de Fósforo con emisión de plasma colorimétrica e inductivamente acoplada, métodos de determinación de espectroscopia

En las muestras de Sabana se observó muy poca variación de color en el laboratorio a causa de la reacción de las soluciones para la extracción de fósforo, como luego se comprobó al reflejar los resultados luego de realizar los cálculos correspondientes.

En cuanto a las repeticiones de los suelos de Valle los resultados se encuentran en un margen considerable, debido a que, la variación obtenida presenta rangos similares de concentraciones del elemento estudiado en cada una de ellas, revelando mediante la parte experimental una cantidad considerable de fósforo contenido en este tipo de suelo, a través de fosfatos.

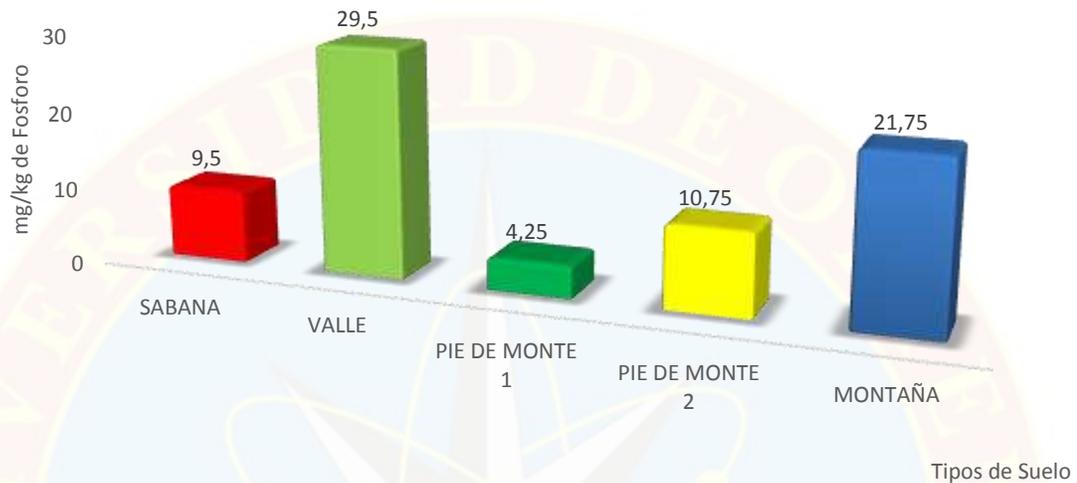
Se puede observar que los suelos de Pie de Monte 1 presentan muy baja cantidad de fósforo en ellos, con un margen de variabilidad muy mínimo entre repeticiones, con poca disponibilidad de fosfatos libres para ser absorbido por las plantas, considerando que el fósforo es un elemento con muy poca movilidad y que la zona donde se realizó el muestreo se encontraba en proceso de crecimiento de cultivo, por tal motivo el trabajo de labrado cumple un papel importante en cuanto a la movilidad del elemento, trabajo que no fue notorio en este caso por las bajas concentraciones obtenidas por las muestras en el laboratorio.

Las Muestras tomadas de Pie de Monte 2, fue un muestreo paralelo del suelo de Pie de Monte tomado con la finalidad de demostrar las interacciones de las diferentes actividades agronómicas aplicadas a un suelo, en esta zona se estaban realizando actividades de preparación de tierras para implementar un cultivo de ciclo corto, con trabajo de labrado, fertilización, eliminación de malezas que de cierto modo ayudaría a la exposición del fósforo.

Pie de Monte 2 son suelos con pocas cantidades de fósforo, que a pesar de la incorporación de este a través de la fertilización mediante fórmulas compuestas, aun así los resultados fueron más representativos que en las muestras de Pie de Monte 1, se presume por la aplicación de fórmulas compuestas con anterioridad. Esto es lo que podría explicar por sí mismo la variación de las 4 repeticiones.

Los suelos de Montaña para la zona de Caripe contienen importantes cantidades de fosfatos disponibles para las plantas, estas fueron las muestras con mayor extracción de fósforo que se obtuvieron a nivel de laboratorio como se puede demostrar en la Figura 5. Son suelos que significativamente pueden ser usados para obtener los mejores resultados en cuanto a la disponibilidad de fósforo para las plantas, como lo demuestra este método a nivel experimental.

## MEHLICH III



**Figura 13. Gráfica de mg/kg extraídos por la Metodología de Mehlich III**

Fuente. Propia

**Cuadro 6. Promedios de Resultados en la Metodología de Mehlich III**

| TIPO DE SUELO  | PROM. | INTERPRETACION | COLOR        |
|----------------|-------|----------------|--------------|
| SABANA         | 9,5   | Muy Bajo       | ROJO         |
| VALLE          | 29,5  | Bajo           | VERDE        |
| PIE DE MONTE 1 | 4,25  | Muy Bajo       | VERDE OSCURO |
| PIE DE MONTE 2 | 10,75 | Muy Bajo       | AMARILLO     |
| MONTAÑA        | 21,75 | Bajo           | AZUL         |

Fuente. Propia

## **DETERMINACIÓN DE CUÁL ES LA METODOLOGÍA MÁS ADECUADA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ELEMENTO FÓSFORO EN LOS SUELOS EVALUADOS**

Se debe destacar que cada metodología tiene su peculiaridad, cada una está diseñada para ser efectiva bajo condiciones específicas, las cuales son las que dan el valor agregado a la garantía de buenos resultados de los análisis y la obtención de respuestas lo más próximas y reales a la interacción que se encuentra en la relación suelo-elemento.

Los resultados para Bray I fueron observados después de 5 minutos luego que se le agregó la solución reveladora de color, indicando con esto el alto grado de extracción a nivel experimental. A su vez la metodología de Olsen el indicativo de color el cual se asocia con la extracción de fosfatos en las muestras fue reducido y tardío, lo que demostró existir un grado de extracción menor al de la metodología de Bray I, se atribuye esto a la naturaleza básica del extractante y su bajo poder para la extracción del elemento en las muestras evaluadas.

La tercera metodología Mehlich III es considerablemente nueva para el estudio de fertilidad de suelos, muy poco conocida y con amplio rango de extracción por utilizar una solución multiextractante, a pesar de esto, los resultados a nivel de laboratorio fueron muy minoritarios, a pesar de seguir el procedimiento al pie de la letra y de poseer un extractante ácido, los resultados fueron casi nulos, por medio de la observación de la extracción a través del campo colorimétrico fue minúsculo casi imperceptible en comparación con las otras metodologías, a pesar de ser un multiextractante su desempeño y resultados no fueron los esperados.

La naturaleza ácida de los suelos del estado Monagas limita el poder extractante de algunas metodologías especialmente para la determinación de fósforo, es por esto

que se recurre a la modificación de estos métodos de determinación para adaptarlo a las condiciones y medios específicos de una localidad, buscando así sacar el mejor provecho de la metodología.

Por las condiciones de cada uno de los suelos presentes en los paisajes fisiográficos del estado Monagas y los resultados obtenidos en el laboratorio por cada una de las metodologías implementadas, la metodología más adecuada para la determinación del elemento fósforo en los suelos evaluados es la metodología de Bray y Kurtz I, debido a el poder ácido de su extractante, presentando así mejor interacción con el suelo y los diferentes elementos y compuestos presentes en él para maximizar la disolución de los fosfatos y extraerlos de la solución dando resultados representativos de la cantidad de fósforo presente en el terreno por medio de la colorimetría.

Según Marcano, 2013, Bray y Kurtz I en algunos casos muestra limitaciones para la determinación de P, lo que sugiere que Mehlich III tiene mayor poder de extracción que Bray y Kurtz I bajo condiciones de suelos calcáreos con pH medianamente básicos (7,4 a 7,8). Los suelos estudiados para este trabajo son ácidos o ligeramente ácidos, lo que indica que el poder de extracción de Bray y Kurtz I es mayor en comparación con Mehlich III, lo cual fue demostrado por medio de los análisis en el laboratorio.

## CONCLUSIONES

- La toma de muestras permitió constatar la disponibilidad del fosforo en diferentes situaciones, y como interactuaron las diferentes actividades naturales y agronómicas sobre la disposición del elemento.
- Las respuestas y resultados de cada uno de las Metodologías va a variar dependiendo la composición geomorfológica del suelo y de la altura (m.s.n.m.) de cada uno de ellos, haciendo que no solo sea una metodología específica sino variable.
- De acuerdo a los resultados se determinó que el contenido de fosforo varía dependiendo de las propiedades químicas de cada uno de los suelos que se estudiaron, entre las que destaca el pH en condiciones acidas, por lo que en los suelos del estado Monagas, dada sus condición de suelos ácidos, resulta que la metodología más adecuada es Bray y Kurtz I.
- La diferencia entre las Metodologías influye en la agresividad de la Solución extractante de los fosfatos, debido a la unión con los diferentes elementos presentes en el suelo.

## RECOMENDACIONES

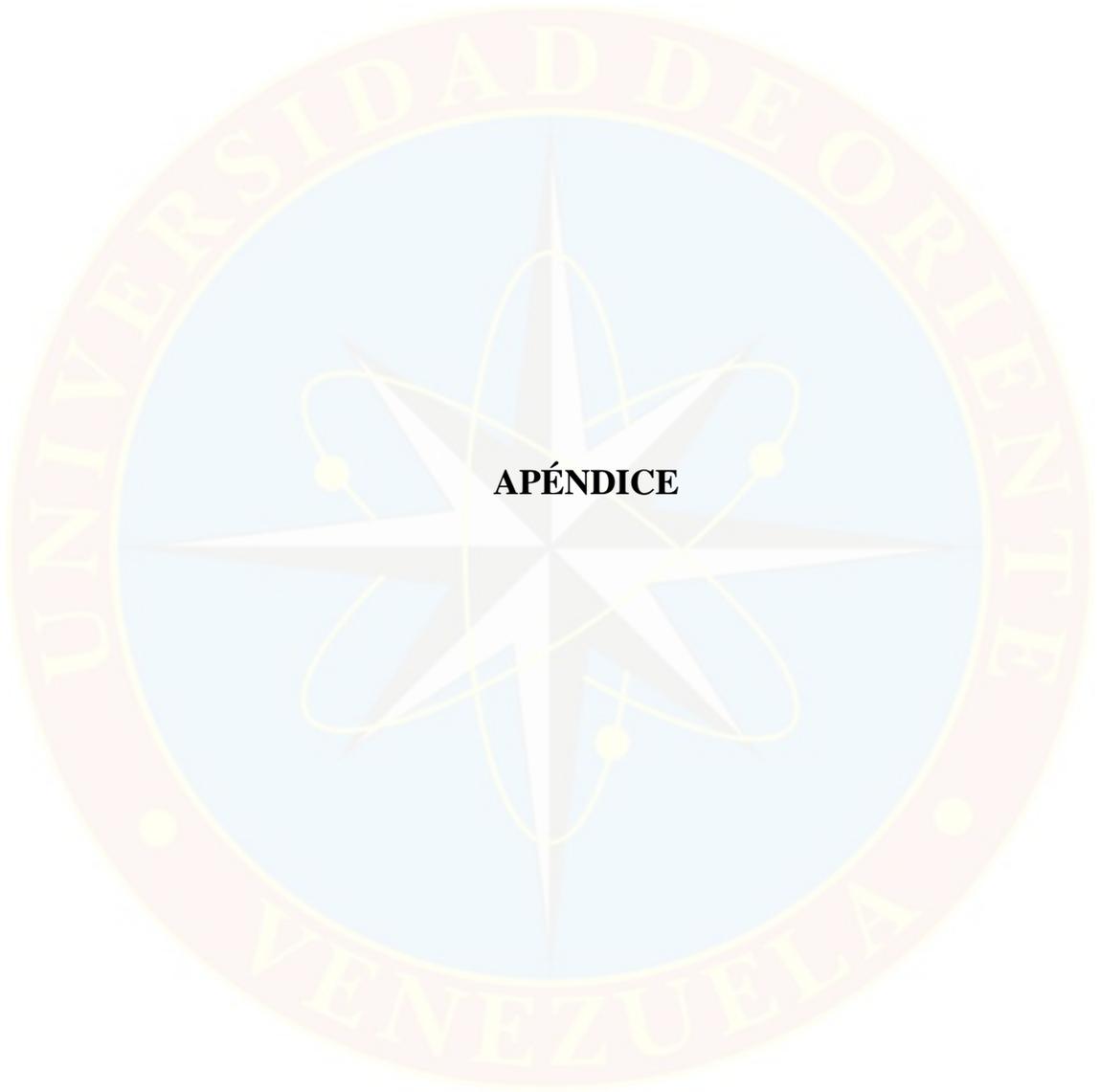
- Muestrear dos meses antes de la siembra o trasplante lo que da tiempo para obtener los resultados, interpretarlos, establecer las recomendaciones y adquirir los insumos a aplicar al suelo si es que estos son necesarias para su corrección.
- Realizar la esterilización de los implementos de laboratorio antes de cada ensayo, para obtener resultados lo mas próximo posible a la realidad en campo.
- Realizar la preparación de las soluciones máximo con una semana de anterioridad, para evitar problemas de oxidación.
- Tomar en cuenta los tiempos de cada uno de los procedimientos, ya que la variación de estos pueden alterar los resultados de las muestras.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, C., y GOITIA, R.** (1992). La asistencia técnica como factor clave en el uso eficiente de los fertilizantes y el mejoramiento de la productividad agrícola. PALMAVEN S.A., Filial de Petróleos de Venezuela. pp. 8-16. Venezuela
- ANDRADES, M., y MARTINEZ, M.** (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. 3ª Edición. Universidad de la Rioja, Servicio de Publicidades. España.
- BOANERGES, J.** (2014). Implementación de un método de extracción por resinas de intercambio iónico y lectura por espectroscopía ICP-OES, para cuantificar fósforo, calcio, magnesio y potasio en muestras de suelo en naturaceites, s. a. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Guatemala.
- BORGES, J., BARRIOS, M., SANDOVAL, E., BASTARDO, Y., y MARQUEZ O.** (2012) Características físico-químicas del suelo y su asociación con el macroelementos en áreas determinadas a pastoreo en el estado Yaracuy. Venezuela pp. 121-126
- CARRERO, A., ZAMBRANO, A., HERNÁNDEZ, E., CONTRERAS, F., MACHADO, D., BIANCHI, G., y VARELA, R.** (2015). Comparación de dos métodos de extracción de fósforo disponible en un suelo ácido. Avances en Química, Vol. 10. Universidad de los Andes. pp. 29-33. Mérida, Venezuela
- DOSAL, M. y VILLANUEVA, M.,** (2008). Curvas de calibración en los métodos analíticos. Antología de Química Analítica Experimental.
- ELRASHIDI, M.** (2007). Selection of an Appropriate, Phosphorus Test for Soils. Soil Survey Laboratory. National Soil Survey Center. USA.
- FAO** (2007). Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. Boletín FAO Fertilizantes y Nutrición Vegetal. Nro. 13. Roma. Italia.
- FERNÁNDEZ, L., ROJAS, N., ROLDÁN, T., RAMIREZ, M., ZEGARRA, H., URIBE, R., REYES, R., FLORES, D., y ARCE, J.** (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. 184 Págs.

- FERNÁNDEZ, M.** (2007). Fósforo amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Vol. 41. Núm. 2. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. pp. 51-57. Cuba.
- GARCÍA, F.** (2001). Ciclos Biogeoquímicos. Seminario de investigación. Perú.
- GARCÍA-SERRANO, P., LUCENA, J., RUANO, S., y NOGALES, M.,** (2009). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Parte I. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 120 págs.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE),** (2013). Síntesis Estadística, Estado Monagas. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.ine.gov.ve/documentos/see/sintesisestadistica2013/estados/monagas/documentos/situacionfisica.htm> (Consulta: 2017, Febrero, 17).
- MALLARINO, A. P.** (2003). Field calibration for corn of the Mehlich-3 soil phosphorus test with colorimetric and inductively coupled plasma emission spectroscopy determination methods. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1928-1934.
- MALLARINO, A. P., OYARZABAL, E. S., HINZ, P. N.** (2014) . Interpreting within-field relationships between crop yields and soil and plant variables using factor analysis. Precision Agric. 1:15-26.
- McKEAN, S.** (1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Documento de trabajo No. 129. Colombia.
- MINISTERIO DEL AMBIENTES Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (MARNR),** (1997). Atlas del Estado Monagas. Región 14. Gobernación del Estado Monagas.
- MOLINA, J.** (2012), Métodos de laboratorio para la extracción de fósforo disponible en el suelo. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales "RÓMULO GALLEGOS". Guárico
- MUNERA, G., y MEZA, D.** (2012). El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal. Universidad Tecnológica De Pereira. Colombia. 55 pág.
- OLIVEIRA, J., KHOURI, E., y MAYOR, M.** (2006). Análisis de suelos y plantas y recomendaciones de abonado. Universitarios Ediuno. Universidad de Oviedo. España.

- RESTREPO, V.** (2014). Prueba de Friedman. Seminario de investigación. Postgrado en Estadística. Argentina.
- SANCHEZ, P., y CAMACHO, E.** (1981). Suelos del trópico: características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- SANZANO, A.** (2014). El fósforo del suelo. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad en San Miguel de Tucumán. Argentina.
- SELA, G.** (2014a). El Fósforo en el suelo y las plantas. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/phosphorus>[Consulta: 2017, Marzo 15].
- SELA, G.** (2014b). Interpretación de análisis de suelos, el método de extracción. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/extraction-method>[Consulta: 2017, Marzo 15].
- SOLÓRZANO, E.** (1998). Determinación de niveles críticos de fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays*L.) para 15 localidades del Departamento de Chiquimula. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad San Carlos De Guatemala. Guatemala.
- SULTENFUSS, J., y DOYLE, W.,** (1999). Better crops with plant food. International Potash&PhosphateInstitute (PPI) Vol. LXXXIII (83), No. 1. USA.
- VENEGAS, J., CAJUSTE, L., TRINIDAD, A., y GAVI, F.** (1999). Correlación y calibración de soluciones extractantes del fósforo aprovechable en Andisoles de la Sierra Tarasca. Terra. Vol. 17. No. 4.



**APÉNDICE**

**Puntuaciones de Wilcoxon (Sumas de rango) for Variable ppm  
Classified by Variable trat**

| Trat | N | Sum of Scores | Expected Under H0 | Std Dev Under H0 | Mean Score |
|------|---|---------------|-------------------|------------------|------------|
| 1    | 4 | 233.50        | 170.00            | 47.475089        | 58.3750    |
| 2    | 4 | 126.50        | 170.00            | 47.475089        | 31.6250    |
| 3    | 4 | 168.00        | 170.00            | 47.475089        | 42.0000    |
| 4    | 4 | 276.00        | 170.00            | 47.475089        | 69.0000    |
| 5    | 4 | 290.00        | 170.00            | 47.475089        | 72.5000    |
| 6    | 4 | 256.50        | 170.00            | 47.475089        | 64.1250    |
| 7    | 4 | 112.00        | 170.00            | 47.475089        | 28.0000    |
| 8    | 4 | 111.50        | 170.00            | 47.475089        | 27.8750    |
| 9    | 4 | 83.50         | 170.00            | 47.475089        | 20.8750    |
| 10   | 4 | 186.00        | 170.00            | 47.475089        | 46.5000    |
| 11   | 4 | 235.00        | 170.00            | 47.475089        | 58.7500    |
| 12   | 4 | 182.00        | 170.00            | 47.475089        | 45.5000    |
| 13   | 4 | 330.00        | 170.00            | 47.475089        | 82.5000    |
| 14   | 4 | 307.50        | 170.00            | 47.475089        | 76.8750    |
| 15   | 4 | 248.50        | 170.00            | 47.475089        | 62.1250    |
| 16   | 4 | 157.00        | 170.00            | 47.475089        | 39.2500    |
| 17   | 4 | 51.50         | 170.00            | 47.475089        | 12.8750    |
| 18   | 4 | 20.00         | 170.00            | 47.475089        | 5.0000     |
| 19   | 4 | 102.00        | 170.00            | 47.475089        | 25.5000    |
| 20   | 4 | 52.00         | 170.00            | 47.475089        | 13.0000    |
| 21   | 4 | 41.00         | 170.00            | 47.475089        | 10.2500    |

Average scores were used for ties.

Test de Kruskal-Wallis

Chi-cuadrado 76.2743

DF 20

Pr > Chi-cuadrado <.0001

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

| Clase | Niveles | Valores   |
|-------|---------|---|
| Trat  | 21      | 1 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 2 20 21 3 4 5 6 7 8 9 |

Número de observaciones 84

Variable dependiente: rppm Rango para la variable ppm

| Fuente         | DF | Suma de Cuadrados | Cuadrado de la Media | F-Valor | Pr > F |
|----------------|----|-------------------|----------------------|---------|--------|
| Modelo         | 20 | 45127.25000       | 2256.36250           | 35.72   | <.0001 |
| Error          | 63 | 3979.25000        | 63.16270             |         |        |
| Total Correcto | 83 | 49106.50000       |                      |         |        |

|            |          |          |            |
|------------|----------|----------|------------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raíz MSE | Rppm Media |
| 0.918967   | 18.69999 | 7.947496 | 42.50000   |

| Fuente | DF | Anova SS    | Cuadrado de la Media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| Trat   | 20 | 45127.25000 | 2256.3620            | 35.72   | <.0001 |

## Procedimiento ANOVA

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupación |   |   |   |   | Media  | N | Trat |
|------------------|---|---|---|---|--------|---|------|
|                  |   |   | A |   | 82.500 | 4 | 13   |
|                  | B |   | A |   | 76.875 | 4 | 14   |
|                  | B |   | A |   | 72.500 | 4 | 5    |
|                  | B |   | A |   | 69.000 | 4 | 4    |
|                  | B |   | A | C | 64.125 | 4 | 6    |
|                  | B | D | A | C | 62.125 | 4 | 15   |
|                  | B | D | E | C | 58.750 | 4 | 11   |
|                  | B | D | E | C | 58.375 | 4 | 1    |
|                  | F | D | E | C | 46.500 | 4 | 10   |
| G                | F | D | E | C | 45.500 | 4 | 12   |
| G                | F | D | E |   | 42.000 | 4 | 3    |
| G                | F |   | E | H | 39.250 | 4 | 16   |
| G                | F |   | I | H | 31.625 | 4 | 2    |
| G                | F | J | I | H | 28.000 | 4 | 7    |
| G                | F | J | I | H | 27.875 | 4 | 8    |
| G                | K | J | I | H | 25.500 | 4 | 19   |
|                  | K | J | I | H | 20.875 | 4 | 9    |
|                  | K | J | I |   | 13.000 | 4 | 20   |
|                  | K | J | I |   | 12.875 | 4 | 17   |
|                  | K | J |   |   | 10.250 | 4 | 21   |
|                  | K |   |   |   | 5.000  | 4 | 18   |

| Tramitancia transformadas y calculadas |      |                           |                            |                              |                    |                     |                       |                          |                           |                             |
|--|------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Tipo de Suelo                          | Rept | Tramitancias Bray y Krutz | mg/kg grafica Bray y Krutz | mg/kg Calculado Bray y Krutz | Tramitancias Olsen | mg/kg grafica Olsen | mg/kg Calculado Olsen | Tramitancias Mehlich III | mg/kg grafica Mehlich III | mg/kg Calculado Mehlich III |
| Sabana                                 | 1    | 46,50                     | 1,0                        | 50                           | 98,80              | 0,01                | 3                     | 97,30                    | 0,03                      | 8                           |
|  | 2    | 70,00                     | 0,4                        | 20                           | 98,20              | 0,03                | 8                     | 98,90                    | 0,04                      | 11                          |
|  | 3    | 77,00                     | 0,25                       | 13                           | 98,20              | 0,03                | 8                     | 98,70                    | 0,04                      | 11                          |
|  | 4    | 80,20                     | 0,22                       | 11                           | 98,40              | 0,03                | 8                     | 97,60                    | 0,03                      | 8                           |
| Valle                                  | 1    | 54,50                     | 0,77                       | 39                           | 83,70              | 0,18                | 45                    | 95,30                    | 0,06                      | 17                          |
|  | 2    | 50,30                     | 0,84                       | 42                           | 82,20              | 0,19                | 48                    | 95,30                    | 0,06                      | 17                          |
|  | 3    | 55,20                     | 0,71                       | 36                           | 83,30              | 0,18                | 45                    | 79,10                    | 0,21                      | 59                          |
|  | 4    | 49,30                     | 0,91                       | 46                           | 81,10              | 0,20                | 50                    | 91,30                    | 0,09                      | 25                          |
| Pie de Monte Muestra 1                 | 1    | 89,60                     | 0,13                       | 7                            | 99,60              | 0,01                | 3                     | 99,60                    | 0,01                      | 3                           |
|  | 2    | 92,40                     | 0,09                       | 5                            | 99,10              | 0,01                | 3                     | 99,80                    | 0,01                      | 3                           |
|  | 3    | 93,10                     | 0,07                       | 4                            | 98,20              | 0,02                | 5                     | 99,70                    | 0,01                      | 3                           |
|  | 4    | 90,10                     | 0,11                       | 6                            | 96,70              | 0,06                | 15                    | 98,40                    | 0,03                      | 8                           |
| Pie de Monte Muestra 2                 | 1    | 81,80                     | 0,20                       | 10                           | 95,50              | 0,05                | 13                    | 98,90                    | 0,04                      | 11                          |
|  | 2    | 81,40                     | 0,20                       | 10                           | 97,10              | 0,09                | 23                    | 97,70                    | 0,04                      | 11                          |
|  | 3    | 82,50                     | 0,19                       | 10                           | 97,60              | 0,08                | 20                    | 98,00                    | 0,03                      | 8                           |
|  | 4    | 72,90                     | 0,35                       | 18                           | 97,40              | 0,08                | 20                    | 96,70                    | 0,05                      | 13                          |
| Montaña                                | 1    | 36,70                     | 1,21                       | 61                           | 82,30              | 0,19                | 48                    | 92,30                    | 0,07                      | 20                          |
|  | 2    | 35,20                     | 1,23                       | 62                           | 80,30              | 0,22                | 55                    | 92,40                    | 0,07                      | 20                          |
|  | 3    | 35,60                     | 1,23                       | 62                           | 79,30              | 0,21                | 53                    | 91,90                    | 0,09                      | 25                          |
|  | 4    | 35,50                     | 1,23                       | 62                           | 78,60              | 0,23                | 58                    | 92,10                    | 0,08                      | 22                          |

Fuente. Propia

## HOJAS METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

|               |   |
|---------------|---|
| <b>Título</b> | <b>Calibración de metodologías para la determinación del elemento fósforo, utilizadas en el laboratorio de suelos de la universidad de oriente, núcleo de Monagas, campus Juanico. Venezuela.</b> |
|---------------|---|

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

#### Autor(es)

| Apellidos y Nombres                  | Código CVLAC / e-mail |                        |
|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Aguilera Montes Carlos Miguel</b> | <b>CVLAC</b>          | <b>C.I: 20.140.557</b> |
|                                      | <b>e-mail</b>         | aguilos2014@gmail.com  |
|                                      | <b>CVLAC</b>          |                        |
|                                      | <b>e-mail</b>         |                        |

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

|                           |
|---------------------------|
| fosforo                   |
| kurtz                     |
| mehlich                   |
| olsen                     |
| bray                      |
| tesis de trabajo de grado |

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

| Área                            | Sub-área              |
|---------------------------------|-----------------------|
| Tecnología y Ciencias Aplicadas | Ingeniería Agronómica |

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

### Resumen (Abstract):

**Durante los meses de junio a agosto del 2017 en el laboratorio de suelo, Campus Guaritos de la Universidad de Oriente, Maturín, estado Monagas, se llevó a cabo esta investigación con la finalidad de establecer la metodología más adecuada para determinar el elemento fosforo en los diferentes tipos de suelos del estado Monagas. Las muestras de suelo fueron recolectadas en los diferentes paisajes geográficos del estado Monagas, siendo estos en el eje Caripe – Punta de Mata, específicamente en La Guanota, Municipio Caripe; El Rincón, Municipio Acosta; El Tejero, Municipio Ezequiel Zamora y Aguasay, Municipio Aguasay. El análisis de los datos se llevó a cabo mediante el empleo de los siguientes métodos: Método Mehlich III, Método Olsen (1954), Método Bray y Kurtz P-1, determinando así que el método de Bray - Kurtz I es el método mas adecuado para la determinación del elemento fosforo en suelos.**

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

### Contribuidores:

| Apellidos y Nombres  | Código CVLAC / e-mail |   |
|----------------------|-----------------------|---|
| MSc. Yilitza Cabrera | ROL                   | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
|                      | CVLAC                 | C.I. 11.445.274   |
|                      | e-mail                | yicabrera@gmail.com   |
| MSc. Marden Vázquez  | ROL                   | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
|                      | CVLAC                 | C.I. 5.721.636  |
|                      | e-mail                | mardenv@gmail.com   |
| Dr. Iván Maza        | ROL                   | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
|                      | CVLAC                 | C.I. 8.373.371  |
|                      | e-mail                | ivanjosemaza@gmail.com  |
| MSc. Carmen Mujica   | ROL                   | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
|                      | CVLAC                 | C.I. 8.628.784  |
|                      | e-mail                |   |

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2?". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad).. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

### Fecha de discusión y aprobación:

| Año  | Mes | Día |
|------|-----|-----|
| 2018 | 11  | 16  |

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

**Lenguaje:** spa

Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

### Archivo(s):

|                          |
|--------------------------|
| <b>Nombre de archivo</b> |
| NMOTTG_AMCM2018          |

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M  
N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2  
3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

### Alcance:

Espacial: \_\_\_\_\_ (opcional)

Temporal: \_\_\_\_\_ (opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Agrónomo

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarium en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

**Nivel Asociado con el trabajo:** Ingeniería

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

### Área de Estudio:

Tecnología y Ciencias Aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

### Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

## Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

RECIBIDO POR [Firma]  
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,  
[Firma]  
**JUAN A. BOLANOS CURIEL**  
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/manja

**Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 6/6**

**De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:**

**Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.**



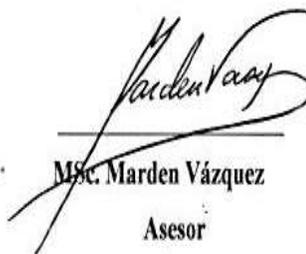
**Carlos Aguilera**

**Autor**



**MSc. Yilitza Cabrera**

**Asesor**



**MSc. Marden Vázquez**

**Asesor**