



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**DETERMINACIÓN DE CONTAMINACIÓN DE SUELO EN
EL BOSQUE SECO TROPICAL POR UN BOTADERO NO
AUTORIZADO EN EL CANTÓN SUCRE, PROVINCIA DE
MANABÍ
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERA AMBIENTAL

**AUTOR
TORRES BORJA RAISA YADIRA**

**TUTOR
ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO, M.Sc.**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ING. ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **DETERMINACION DE CONTAMINACIÓN DE SUELO EN EL BOSQUE SECO TROPICAL POR UN BOTADERO NO AUTORIZADO EN EL CANTÓN SUCRE, PROVINCIA DE MANABÍ**, realizado por la estudiante **TORRES BORJA RAISA YADIRA**; con cédula de identidad N°1313237081, de la carrera INGENIERIA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO,

Guayaquil, 14 de julio del 2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DE CONTAMINACIÓN DE SUELO EN EL BOSQUE SECO TROPICAL POR UN BOTADERO NO AUTORIZADO EN EL CANTÓN SUCRE, PROVINCIA DE MANABÍ”**, realizado por la estudiante **TORRES BORJA RAISA YADIRA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

VERA LUCIO NÉSTOR, M.Sc.
PRESIDENTE

ARIZAGA GAMBOA RAÚL, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

FACUY DELGADO JUSSEN, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ARCOS JÁCOME DIEGO, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 14 de julio del 2021

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a toda mi familia, en especial a mis padres, porque gracias a ellos y a su gran esfuerzo, puedo dar este paso tan importante en mi vida; y a quienes día a día a base de consejos me dan fuerzas para continuar por el camino correcto y seguir cumpliendo mis metas.

Así mismo, quiero dedicar este logro a mis maestros, quienes impartieron sus sabios conocimientos a cada uno de nosotros para enfrentarnos a la vida y demostrar nuestro profesionalismo.

Agradecimiento

Agradezco al Ing. Jacobo Bucaram Ortiz. PhD., y Ec. Martha Bucaram Leverone, PhD., autoridades de la Universidad Agraria del Ecuador, por permitirme terminar mis estudios en esta prestigiosa institución; a los docentes de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad, por haber compartido sus conocimientos, experiencias y servir de guía en toda mi carrera universitaria.

Expreso mi agradecimiento a los tutores encargados de orientarme en la ejecución de este proyecto de titulación, a mis amistades más cercanas y familiares.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **TORRES BORJA RAISA YADIRA**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “**DETERMINACION DE CONTAMINACION DE SUELO EN EL BOSQUE SECO TROPICAL POR UN BOTADERO NO AUTORIZADO EN EL CANTON SUCRE, PROVINCIA DE MANABI**” para optar el título de **INGENIERA AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 21 abril del 2021

TORRES BORJA RAISA YADIRA

C.I. 1313237081

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual.....	6
Índice general	7
Índice de figuras.....	11
Índice de tablas	12
Resumen	13
1. Introducción.....	15
1.1 Antecedentes del problema	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2.2 Formulación del problema.....	17
1.3 Justificación de la investigación.....	17
1.4 Delimitación de la investigación	19
1.5 Objetivo general.....	19
1.6 Objetivos específicos	19
1.7 Hipótesis	19
2. Marco teórico.....	20
2.1 Estado del arte	20
2.2 Bases teoricas.....	22
2.2.1. Contaminación	22
2.2.1.1 Contaminación por vertidos	22

2.2.2. Suelo y su contaminación	24
2.2.3. Vegetación y su contaminación	24
2.2.3.1. Importancia de los bosques y su destrucción	25
2.2.3.2. Bosque seco.....	25
2.2.3.3. Importancia biológica del bosque seco	26
2.2.3.4. Localización del bosque seco	26
2.2.3.5. Especies características del bosque seco.....	27
2.2.6.4. Intervención del hombre en el bosque seco.....	27
2.2.4. Problemas asociados a botaderos ilegales	27
2.2.4.1. Definición de botadero	27
2.2.4.2. Origen de los botaderos no autorizados.....	28
2.2.4.3. Tipos de residuos depositados.....	28
2.2.4.4. Impactos sobre los recursos ambientales	29
2.2.4.6. Impactos sociales.....	30
2.3 Marco legal	31
3. Materiales y métodos.....	34
3.1 Enfoque de la investigación	34
3.1.1 Tipo de investigación	34
3.1.2 Diseño de investigación.....	34
3.2 Metodología	35
3.2.1 Variables	35
3.2.1.1 Variable independiente	35
3.2.1.2 Variable dependiente.....	35
3.2.2 Tratamientos	35
3.2.3 Diseño experimental	35
3.2.4 Recursos.....	36

3.2.5 Métodos y técnicas.....	36
3.2.6 Análisis estadístico	39
4. Resultados	40
4.1. Análisis del grado de contaminación en el suelo mediante análisis físico- químicos, comparando con los valores que se encuentran en la Normativa Ambiental vigente.....	40
4.1.1. Textura de suelos	40
4.1.2. Humedad de suelo	41
4.1.3. Resultados de Ph.....	42
4.1.4. Presencia de cadmio en el suelo	42
4.1.5. Presencia de plomo en el suelo	43
4.1.6. Presencia de Materia Organica	44
4.1.7. Niveles de conductividad eléctrica.....	45
4.2. Análisis de la distribución espacial de metales pesados(Cadmio y Plomo)	46
4.2.1. Distribución espacial de Cadmio	46
4.2.2. Distribución espacial de Plomo	47
4.2.3. Distribución espacial del pH.....	48
4.2.4. Distribución espacial de Materia Orgánica	49
4.2.5. Distribución espacial de la Conductividad Eléctrica	50
4.2.6. Distribución espacial de la Humedad del suelo.	51
4.2.7. Distribución espacial de la textura de suelo.....	52
4.3. Propuesta de medidas para la recuperación del suelo en el bosque seco tropical.	53
5. Discusión	55
6. Conclusiones.....	57

	10
7. Recomendaciones	58
8. Bibliografía.....	59
9. Anexos	63

Índice de figuras

Figura 1. Textura de suelos presente en el área de estudio	40
Figura 2. Porcentaje de humedad presente en las muestras evaluadas	41
Figura 3. Niveles de pH, presentes en las muestras evaluadas	42
Figura 4. Niveles de cadmio presentes en las muestras evaluadas	43
Figura 5. Niveles de plomo presente en las muestras evaluadas.....	44
Figura 6. Niveles de materia organica encontradas en las muestras evaluadas.	44
Figura 7. Niveles de CE(dS/mm), presente en las muestras evaluadas.....	45
Figura 8. Mapa de la distribución espacial de cadmio.....	47
Figura 9. Mapa de la distribución espacial de Plomo	48
Figura 10. Mapa de la distribución espacial del pH.....	49
Figura 11. Mapa de la distribución espacial de la Materia orgánica	50
Figura 12. Mapa de la distribución espacial de Conductividad eléctrica.....	51
Figura 13. Mapa de la distribución espacial de la Humedad.....	52
Figura 14. Mapa de la distribución espacial de la textura del suelo.....	53
Figura 16. Mapa de ubicación de la zona evaluada.....	63

Índice de tablas

Tabla 1. Puntos de muestreo y resultados de los análisis realizados	63
--	-----------

Resumen

La contaminación de los suelos por metales pesados, los cuales sufren una lenta degradación y por tanto son considerados como toxinas bioacumulativas persistentes, representa un riesgo marcado para la salud humana y el ecosistema. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la contaminación del suelo del botadero no autorizado en el sector de Punta Bellaca, del cantón Sucre, de la provincia de Manabí, en el cual se evaluó dos metales pesados, como son el Cadmio(Cd) y el Plomo (Pb) y otras variables que son indicadores de contaminación, como lo son el pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, humedad, y la textura del suelo, como indicador de la movilidad de estos contaminantes, estas variables fueron comparadas con los valores de fondo definidos por la Normativa Ecuatoriana del recurso suelo.

Resultando el Plomo (Pb), como uno de los contaminantes que más se distribuyó en el área del botadero, mientras que el Cadmio, estuvo cercano a los límites permisibles.

Se generaron mapas temáticos de la distribución de estos contaminantes y las otras variables estudiadas, con el uso de la herramienta Kriging, perteneciente al software ArcMap.

Palabras clave: Suelos, Cadmio, Plomo, contaminación, metales pesados, Sistemas de Información Geográfica

Abstract

The contamination of soils by heavy metals, which suffer a slow degradation and are therefore considered as persistent bioaccumulative toxins, represent a marked risk to human health and the ecosystem. The present research work aimed to determine the contamination of the soil of the unauthorized dump in the Punta Bellaca sector, of the Sucre canton of the province of Manabí, in which two heavy metals were evaluated, such as: Cadmium (Cd) and lead (Pb) and other variables that are indicators of contamination such as pH, electrical conductivity, organic matter, moisture and soil texture, as an indicator of the mobility of these pollutants, the variables were compared with the background values defined by the Ecuadorian Soil Resource Regulations. Lead (Pb) was one of the contaminants that was most distributed in the dump area, while cadmium (Cb) was close to the permissible limits. Thematic maps of the distribution of these pollutants and the other variables analyzed were generated, with the use of the Kriging tool belonging to the ArcMap software.

Keywords: Cadmium, pollution, heavy metals, lead, geographic information systems.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

A lo largo de la historia el primer problema de los residuos sólidos ha sido su eliminación, pues su presencia es más evidente que otro tipo de desechos y su proximidad resulta molesta. La sociedad solucionó este problema quitándolo de la vista, arrojándolo a las afueras de las ciudades, en cauces de los ríos o en el mar, u ocultándolo mediante el enterramiento. El problema se hace más grande, debido al crecimiento acelerado de la población en los últimos años y el proceso de industrialización, que ha aumentado de manera significativa la generación de residuos (Sáez, 2014).

Generalmente en el Ecuador y en muchos países se ha entendido la degradación de la tierra como la degradación del suelo. Esto se ha venido definiendo hace décadas, a partir de 1994, cuando la ONU, lo asignó como recurso natural. A partir de aquello, se han realizado varios estudios en nuestro país, sobre degradación del suelo, y se notó que a pesar de la gran calidad que tienen nuestros suelos por ser de origen volcánico, aún existen grandes porcentajes de degradación (Segarra, 2017).

Las zonas rurales, que en su mayoría son usadas intensivamente para las actividades agrícolas, al parecer la causa principal de la degradación sería el uso continuo de este recurso, que nos lleva a sembrar en cualquier lugar sin dejar intervalos de tiempo, que comprende la recuperación de suelo, o en otras zonas frágiles y con serias limitaciones. Esta intensidad cada vez va aumentando la degradación física por no respetar los desniveles y no construir obras que reduzcan los niveles de erosión; simultáneamente se está degradando química y biológicamente, por el uso excesivo de agroquímicos que se usan para mejorar la fertilidad de los suelos. A esto se le agregan malas prácticas del manejo del suelo,

como las quemas, los monocultivos, entre otras prácticas no solo alteran las propiedades del suelo, sino que también alteran otros factores ambientales, como el agua y el aire.(Segarra, 2017)

El manejo de los residuos sólidos municipales (RSM) en América Latina y el Caribe son complejos y han evolucionado paralelamente a la urbanización, al crecimiento económico y a la industrialización. El problema de los RSM ha sido identificado desde hace varias décadas, especialmente en las áreas metropolitanas, y las soluciones parciales que hasta ahora se han logrado no abarcan a todos los países de la región ni a la mayoría de las ciudades intermedias y menores, convirtiéndose en un tema político permanente que en la mayoría de casos genera conflictos sociales. El adecuado manejo de los servicios de recolección, transporte, tratamiento y disposición de los residuos sólidos sigue siendo un objetivo prioritario que debe ser complementado con programas de reducción de residuos generados y de reutilización y reciclaje de residuos desechados (Acurio et al., 1997).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema

El manejo inadecuado en la disposición final de los desechos, causa impactos severos al ambiente, en todo el mundo desarrollado, han surgido diferentes sistemas de manejo con enfoques discriminados de desechos, sean estos sólidos o líquidos, y la motivación no es precisamente ecologista (Andrade & Carvajal, 2018).

En el Ecuador, la disposición final de desechos constituye un problema medioambiental y social, debido a la ausencia de políticas de manejo y tratamiento de desechos, se han destinado algunos lugares inapropiados para el depósito de todo tipo de basura (Silva, 2015).

En la ciudad de Bahía de Caráquez, hace aproximadamente 7 años que una parte del magnífico bosque seco tropical es afectado por la presencia de botaderos clandestinos de basura, en su momento no cuenta con un plan de manejo previo, provocando así impactos ambientales (sobre aire, suelo y paisaje); por consiguiente, constituye un riesgo y un peligro.

El basurero no autorizado, está ubicado a 3.0 km en la vía que conduce a la Playa "Punta Bellaca", según observación superficial la situación de por sí es grave, porque está impactando espacios ambientalmente sensibles de alta diversidad ecológica (bosques secos, etc.), en esta zona que es turística, el botadero no autorizado provoca a los visitantes molestias por los malos olores y también de índole visual.

1.2.2 Formulación del problema

¿Qué se debe hacer para remediar los problemas de contaminación en el suelo causados por la presencia de basura en la vía que conecta a la playa "Punta Bellaca"?

1.3 Justificación de la investigación

Los riesgos al ambiente y a la salud causados por la inadecuada disposición final de los residuos han generado preocupación a nivel mundial, lo que ha llevado a crear leyes al respecto para su control.

La Constitución de la República del Ecuador contiene un capítulo orientado a proteger los derechos de la naturaleza, así mismo contiene un capítulo que defiende los derechos de las personas. Una de las problemáticas ambientales que afecta al ser humano es la contaminación visual, que es todo aquello que perturba la visualización de un lugar determinado o rompe la estética del paisaje, esta es causada por el exceso de basura.

La Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (TULSMA) tiene como objetivo principal la prevención y control de la contaminación ambiental, en lo relativo al recurso suelo.

Partiendo de que esta norma es aplicable en aquellos suelos que presenten contaminación, y sugiere las acciones necesarias que deberán llevarse a cabo para su recuperación, restauración o restablecimiento de las condiciones iniciales existentes anteriormente a la ejecución de determinada actividad.

En un artículo publicado de forma anónima por el diario El Universo (2015) dice: La pérdida de suelo en la región latinoamericana es muy grave y además tiene graves repercusiones para la humanidad. La gente no conoce las funciones reales del suelo, considera que es solamente un sustrato para la realización de la agricultura. Sin embargo, el suelo es lo que nos permite tener los alimentos, el agua, el oxígeno y la energía, así como lo que vestimos (párr.6).

Según datos de la FAO, un 14 % de la degradación mundial del suelo ocurre en América Latina, mientras que en el mundo un 33 % de los suelos está entre moderada y altamente degradado. Hasta la actualidad manejo inadecuado de los residuos afecta a grandes y pequeñas ciudades, perjudicando la estética de la ciudad y la contaminación de varios recursos naturales.

La vía a la playa "Punta Bellaca" de la Ciudad de Bahía de Caráquez, está ubicada al sur-este de la ciudad, es muy importante, puesto que la zona es de bosque seco tropical y la vegetación no puede enfrentar el exceso de emanaciones tóxicas producidas por el botadero no autorizado que se encuentra en el área y al mismo tiempo porque no es posible que esto suceda en una ciudad que fue declarada como "Ciudad Ecológica" (Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Sucre, Ordenanza Municipal N°18 Art. 2 (GAD,1999, pág. 3).

A través de la ejecución de este proyecto se podrán adoptar medidas para prevenir, evitar, mitigar o compensar los efectos adversos que se han generado por las actividades en el sitio.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El presente proyecto se realizará en el cantón Sucre.
- **Coordenadas:**
Cantón Sucre; Punta Bellaca: 9932364N; 561622.24E
- **Tiempo:** Un periodo de 5 meses.
- **Población:** Está dirigido a los habitantes del cantón Sucre.

1.5 Objetivo general

Determinar la contaminación del suelo causado por un botadero no autorizado en el canton Sucre, mediante análisis físico- químico, para un programa de mitigación de impactos ocasionados en suelo de un bosque seco tropical.

1.6 Objetivos específicos

- Analizar el grado de contaminación en el suelo mediante análisis físico (granulometría, Humedad) y químicos (pH, , Ce, materia orgánica, Cd, Pb); comparando los valores con los que se encuentran en la normativa ambiental vigente.
- Analizar la distribución espacial de metales pesados (Cadmio y Plomo), mediante software de Sistemas de Información Geográfica.
- Proponer medidas para la recuperación del suelo en el bosque seco tropical.

1.7 Hipótesis

La presencia de basura contamina el suelo en el bosque seco tropical ubicado en la vía a la playa "Punta Bellaca" de la zona de Bahía de Caráquez, Manabí.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

La generación de desechos sólidos es un problema a nivel mundial por lo que se han determinado algunas soluciones o alternativas amigables con el ambiente, que generalmente suelen ser costosas y solo pueden llevarlas a cabo aquellos países del primer mundo, de la misma manera existen soluciones menos costosas que se llevan a cabo en algunos países tercer mundistas (Armas - Yaselga, 2015).

En el país se han implementado algunos rellenos sanitarios, estas son las experiencias de Loja, Cuenca, Guayaquil y Quito, que sin duda ésta no es la mejor solución pero es una buena alternativa que se la puede desarrollar con los presupuestos que tiene cada gobierno seccional. Esta alternativa no se la ha tomado en cuenta por la mayoría de municipios del país mostrando un claro desinterés por tratar de solucionar los problemas ambientales existentes en las ciudades, siendo los Desechos Sólidos un problema que crece y se va agravando con el pasar de los años (Armas - Yaselga, 2015).

En Ecuador, los sitios para la disposición final de desechos sólidos son la parte decisiva en los procesos de gestión territorial debido a las consecuencias ambientales, sociales y económicas que se generan en el medio; más aún, para los municipios que no cuenten con suficientes recursos económicos para financiar los estudios previos a la implementación de rellenos sanitarios, ocasionando que cada poblado cuente con botaderos a cielo abierto en sus extensiones territoriales; por este motivo, la identificación de áreas potenciales para la ubicación de rellenos sanitarios son de suma trascendencia (Navarrete, 2019).

En la tesis de (Núñez, 2010), al examinar el tratamiento de desperdicios, restos contaminantes y su efecto en la contaminación ambiental producida por la empresa avícola COMALGAR determinó que el problema ambiental es considerado

actualmente como un desafío técnico que exige mucho control, prevención y conocimiento que sirva para tomar medidas correctivas. Los residuos generados en la empresa no cuentan con un adecuado tratamiento ya que son arrojados en terrenos baldíos que se encuentran a su alrededor o a las orillas de los caminos con lo que se están creando zonas de desechos orgánicos sin control.

El Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos, del Ecuador, ha fijó como meta hasta el 2017 la eliminación de todos los botaderos a cielo abierto, así como la implementación de una política denominada “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, enfocada en el mejoramiento de los sistemas de tratamiento de residuos, el impulso de prácticas de reciclaje y la gestión de desechos peligrosos y especiales (Ministerio del Ambiente, 2013). Pese a los objetivos planteados por este programa, se proyectó que su impacto no reducirá de manera significativa el nivel de producción de los desechos comunes, ni los espacios utilizados como botaderos. Actualmente, 28% de los residuos urbanos terminan en rellenos sanitarios, mientras que el restante 72% son dispuestos en botaderos a cielo abierto (ríos, quebradas, baldíos, terrenos), creando micro basurales y provocando la quema de basura de manera descontrolada (Agencia pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica ANDES, 2013).

La contaminación de los suelos por plomo, se ha dado de forma acelerada en los últimos años, debido principalmente a las actividades antrópicas como la minería, fabricación de pinturas tintes entre otras.

Las baterías de plomo, desechos de pinturas, barnices, solventes así como cualquier elemento que contengan Pb, son considerados peligrosos según el Acuerdo Ministerial Nro.142 (Ministerio del Ambiente, 2012), estos deben ser recolectados y tratados por un gestor autorizado para la actividad según lo determina el Acuerdo Ministerial 061 (Ministerio del Ambiente, 2015).

La reutilización de estos tipos de residuos es preferible antes de su eliminación, ya sea por disposición o incineración; debido a que el 98% de sus metales pesados son recuperables (Kala & Kunimine, 2003) y reinsertarse en una nueva cadena de producción.

El cadmio es un metal pesado considerado como uno de los elementos más tóxicos, junto con el mercurio y el plomo. Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza asociado a distintos minerales. A su vez, el hombre ha contribuido enormemente a su dispersión desde los inicios de la actividad minero-metalúrgica de otros metales, y más tarde, al descubrirse la gran utilidad del cadmio en el ámbito industrial. La problemática del cadmio radica, además de en su elevada toxicidad, en su larga vida media y en la capacidad para ser acumulado por los seres vivos (Capó, 2007).

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Contaminación

La contaminación es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, la tierra o el agua, que pueden afectar nocivamente la vida humana o la de especies beneficiosas, los procesos industriales, las condiciones de vida del ser humano y pueden malgastar y deteriorar los recursos naturales renovables (De la Orden, 2012).

La contaminación aumenta , no solo por que a medida que la población crece y el espacio disponible para cada persona se reduce, sino que también las demandas por personas son crecientes de manera continua, de modo que aumenta los que cada una de estas personas desecha.(Troncoso, 2018)

2.2.1.1 Contaminación por vertidos

La contaminación de los suelos a causa del vertido incontrolado de Residuos industriales u otros, potencialmente tóxicos y peligrosos; es un problema bastante

preocupante ya que va adquiriendo una importancia creciente en el entorno de las concentraciones urbanas e industriales de la mayor parte de estos países (Navarro, 1996).

Estos problemas vienen derivados de la falta de planificación en el tratamiento de los residuos, como consecuencia de la ausencia de coordinación, e incluso negligencia, que ha existido hasta la actualidad entre los diferentes sectores involucrados en la gestión de éstos: administración, empresas, técnicos y científicos.

Estos procesos de contaminación se producen mediante cuatro mecanismos fundamentales:

- Vertido incontrolado accidental o voluntario de residuos industriales sólidos o líquidos, ya sea sobre el terreno, en el subsuelo o en los cauces de los ríos.
- Inyección de residuos industriales líquidos a través de pozos en desuso o pérdidas de las redes de alcantarillado de polígonos industriales.
- Relleno de antiguas extracciones de áridos con residuos industriales.
- Fugas de tanques y depósitos de almacenamiento y tuberías de conducción de hidrocarburos y otros productos químicos (Font, 1996).

Para dar una idea de la magnitud del problema, basta tener en cuenta que en España, debido al elevado grado de industrialización alcanzado, la gestión de los residuos industriales denominados especiales (tóxicos y peligrosos) empieza a ser un tema especialmente delicado por su elevada producción anual, estimada en unas 2.500.00 Tm.

Este gran volumen de residuos, junto a la ausencia de instalaciones suficientes para su correcto tratamiento, ha llevado a prácticas de alto riesgo y peligrosidad (Carmona, 1996, p.2).

2.2.2. Suelo y su contaminación

Soil Plant Water Relationships (1972) define al suelo como un almacén de nutrientes para las plantas y un medio ambiente para las bacterias, además de ser un asidero para la propia planta y un depósito de agua, que forma parte del desarrollo de la misma.

Este recurso natural se ha visto afectado por varios factores, tanto naturales como antropogénicos, de acuerdo con una publicación realizada por Stallings (1992), menciona que según varios estudios realizados en Estados Unidos, determinaron que una de las afectaciones que se presentan en el suelo es la erosión, uno de esos tipos de erosión que resulto menos invasiva fue la erosión natural, en contraste la que es causada por el hombre tuvo niveles altos en los resultados.

Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo (Brissio, 2005).

Como dice Brissio (2005), las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la actuación antrópica, que al desarrollarse sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo.

2.2.3. Vegetación y su contaminación

La contaminación imposibilita el crecimiento de muchas especies vegetales, porque la presencia de sustancias químicas en el suelo altera los procesos vitales de las plantas. El exterminio de las especies vegetales determina una disminución de la cantidad del oxígeno producido por la fotosíntesis, lo que afecta las cadenas tróficas. Los vegetales son organismos productores de materia orgánica y alimento

en las comunidades biológicas; por lo mismo, la carencia de la flora incide en el desarrollo de la vida (Aguilar, 2009).

2.2.3.1. Importancia de los bosques y su destrucción

Los bosques son los defensores de la vida, guardianes de la naturaleza, por ellos se embellece el paisaje y el suelo, se beneficia al estar protegido de la erosión del viento y la lluvia. Los bosques reducen el ruido, actúan como cortinas rompevientos y retienen cientos de miles de partículas en suspensión que contaminan el aire, es tan importante, que los árboles que lo forman, ya sean vivos o como troncos muertos son el hábitad de innumerables especies de plantas y animales que habitan el planeta, y lo que es más, el bosque actúa como un regulador natural del clima local y global (De la Vega y Treviño, 1994; Amores, 2011).

Según estudios de la Escuela Politécnica Nacional (1992), “de todas las regiones de país, los bosques de la costa ecuatoriana son los más amenazados por las distintas actividades del hombre”

Las formaciones vegetales según el Documento Oficial del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2015-2016) del cantón Sucre se obtuvieron los siguientes resultados: El cantón Sucre posee una superficie de 69 914,07 ha. La cobertura vegetal natural se encuentra representada por el 33,57 %, es decir 23 466,84 ha; mientras que, el área antropizada ocupa una superficie de 46 447,23 ha equivalentes al 66,43 %.

El cantón Sucre presenta ocho formaciones vegetales en las cuales se describe sus características, fisonomía y composición florística.

2.2.3.2. Bosque seco

Son formaciones boscosas que durante la temporada seca, pierden sus hojas, parcial o totalmente; el número de especies forestales es significativamente menor que la identificada dentro de un bosque húmedo (Clirsen, 2011).

Son el hogar de un gran número de plantas y especies animales únicas, y una prioridad para la conservación de la biodiversidad a escala mundial. Lamentablemente, más del 95% de estos ecosistemas excepcionales, se han perdido debido por la intervención humana (Naturaleza y Cultura Internacional, 2013).

Son formaciones vegetales donde más del 75% de sus especies vegetales pierden estacionalmente sus hojas. Esto no implica, sin embargo que se produzca un auténtico periodo de descanso, ya que muchas veces florecen en esa época. (Aguirre y Kvist, 2012).

La existencia del Bosque Seco en la zona se le atribuye a la presencia de la corriente fría de Humboldt y a la Cordillera de los Andes, que no permite el paso de la Humedad, de ahí que la gran mayoría de este ecosistema se encuentra en la Costa (Naturaleza y Cultura Internacional, 2013).

2.2.3.3. Importancia biológica del bosque seco

La importancia biológica de estos ecosistemas está dada por la existencia de fauna única, esta región es considerada como un EBA (Endemic Bird Area 2011). Son el hábitat de 500 especies de aves, 84 especies con una distribución muy restringida, de las cuales 15 están amenazadas; también viven 142 especies de mamíferos, 14 endémicos (Best y Kresler 2013, Williams 2013; Paladines 2012).

2.2.3.4. Localización del bosque seco

Uno de los ecosistemas importantes son los bosques secos, que se encuentran en el centro y sur de la región occidental de los Andes, en las provincias de Imbabura, Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Loja.

El Bosque Seco en el Cantón Sucre ocupa una superficie de 11 479,03 ha, que representan el 48,92 % con respecto a la cobertura vegetal natural ver Anexo Tabla 1.

2.2.3.5. Especies características del bosque seco

La flora característica de este tipo de cobertura vegetal es: *Ceiba trischistandra*, *Carica parviflora*, *Tabebuia chrysantha*, *Cordia lutea*, *Cordia alliodora*, *Alternanthera pubiflora*, *Carica parviflora*, *Bursera graveolans*, entre otras (Aguirre et al. 2001, Aguirre et al. 2006, Aguirre y Kvist 2009) ver Anexo Tabla 2.

2.2.6.4. Intervención del hombre en el bosque seco

Originalmente cerca del 35 % (28 000 km²) del Ecuador occidental estaba cubierto por bosque seco. Se estima que el 50 % habría desaparecido (Sierra et al. 2011).

Estos bosques han sido históricamente intervenidos para utilizar los productos y subproductos como medios de subsistencia y ocasionalmente botaderos de basura, degradando su estructura, funcionalidad y dinámica. También han sido sometidos a procesos de deforestación intensa, resultando un cambio de uso de suelo, lo cual tiene en el pastoreo de ganado bovino y caprino el uso tradicional más arraigado en algunas áreas (MAE, 2012).

2.2.4. Problemas asociados a botaderos ilegales

2.2.4.1. Definición de botadero

Un botadero a cielo abierto es un área de disposición final de residuos sólidos sin control, en la cual, dichos residuos se arrojan sobre el suelo o se entierran sin tomar en cuenta los procedimientos técnicos de un relleno sanitario. Los rellenos sanitarios indebidamente diseñados o mal operados pueden tener muchas de las características de un botadero. En cualquier caso, ocasionan impactos ambientales adversos especialmente sobre el suelo, el agua, el paisaje y la comunidad circundantes (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

2.2.4.2. Origen de los botaderos no autorizados.

SINIA (2011), argumenta que los sitios en que preferentemente se han establecido los “basureros no autorizados” son: cercanías u orillas de canales y ríos, costado o berma de caminos, lugares aledaños a vías de ferrocarril, entorno de sectores periféricos o marginales y sitios o terrenos baldíos sin un propietario conocido. La vulnerabilidad de estos sitios está dada por su fácil acceso y poca iluminación. Los vertidos ilegales pueden ocurrir a cualquier hora pero generalmente ocurren de noche.

2.2.4.3. Tipos de residuos depositados.

Evans (1996) menciona que “Históricamente muchas de las instalaciones ilegales para disposición de residuos en un terreno no proporcionaban la adecuada protección ambiental, por tratarse de lugares sin control, que básicamente es lo que ocurre en el área del bosque seco a estudiarse; en esta área se puede a simple vista observar que se recibir cualquier tipo de residuo como por ejemplo: residuos de construcción y demolición, neumáticos y partes de autos, chatarra, línea blanca en desuso como refrigeradores, lavadoras; muebles, residuos de jardín, residuos domésticos”.

Phillip y Buckingham (1998) afirma que los botaderos no autorizados son focos de acumulación de mas residuos, es más de residuos altamente tóxicos como residuos de pinturas, solventes, baterías de todo tipo, y productos químicos, biológicos y/o radioactivos. Este es un aspecto muy delicado ya que en estos casos los riesgos de contaminación del medio ambiente, incendios con emanaciones tóxicas y daños a la salud de la población aumentan considerablemente”.

Entre los principales contaminantes ambientales metálicos están: cadmio, cobre, mercurio, plomo y titanio (Moreno, 2003).

2.2.4.4 Impactos sobre los recursos ambientales

Larry (2010) manifiesta que el sistema del suelo se ha desarrollado en millones de años y puede estar influido por numerosos factores, algunos de los cuales son de origen natural y otros están provocados por la actividad humana. El vertimiento de residuos de todo tipo es una de las actividades humanas que se realiza a menudo en los botaderos no autorizados, incluidos residuos peligrosos tienen acción directa sobre el suelo alterando en forma negativa sus características estructurales y químicas originales lo que generalmente es ocasionado por el movimiento de contaminantes desde los residuos hacia el suelo.

Otro de los impactos es la contaminación en el aire, se encuentra asociada a este la generación de olores producto de la descomposición de los residuos, y emisiones gaseosas y de material particulado, provocada por quemas de residuos, que es una práctica bastante común para disminuir volumen y recuperar metales o que pueden ser producto de incendios de grandes proporciones (Sinia, 2011).

Acurio (2011) afirma “Los basurales clandestinos se ubican en zonas de poco valor desde el punto de vista paisajístico, este impacto ambiental no es menor ya que contribuye a la pérdida del valor de ambiental del entorno en que se sitúan” (p.90).

2.2.4.5 Riesgos a la salud de la comunidad.

Los riesgos para la salud asociados a los botaderos clandestinos pueden ser muy altos en el caso de las personas que viven cerca a estos lugares y de quienes realizan recuperación de materiales, ya que estas personas quedan expuestas directamente a las características físicas y químicas de los residuos, que en algunos casos pueden corresponder a peligrosos. Otras fuentes de riesgo o daño para salud de las personas producto de los basurales clandestinos y están

relacionadas a la presencia de roedores y otro tipo de vectores sanitarios y la contaminación asociada a estos sitios (Sinia, 2001).

Por otra parte estudios indican que en sitios en que son depositados neumáticos y existen climas cálidos, aumenta la proliferación de mosquitos los cuales se multiplican 100 más rápido en este tipo de ambientes (Sinia, 2001).

2.2.4.6 Impactos sociales.

En cuanto a aspectos sociales la presencia de botaderos ilegales, afecta el valor de las propiedades vecinas por lo que el sector comienza a ser menos atractivo desde el punto de vista turístico o comercial y de desarrollo inmobiliario. La existencia de estos sitios se asocia actividades delictuales y por otro lado también puede propiciar la presencia de indigentes.

Además de lo expuesto anteriormente es posible que existan personas que desarrollan de modo informal labores de recuperación y venta de algunos materiales extraídos del vertedero, por lo que es conveniente considerar esta situación al momento del cierre. Como el cierre de este tipo de sitios siempre debe hacerse, es importante señalar que la existencia de estas actividades no debe transformarse en un impedimento a la clausura o eliminación definitiva del botadero (Programme, 1993).

2.3 Marco legal

En el título II, capítulo segundo derechos del buen vivir.

En la sección segunda, ambiente sano.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak Kawsay*. (Constitución política del Ecuador, 2008, p. 19).

En el título VII, régimen del buen vivir.

En el capítulo segundo, biodiversidad y recursos naturales.

Sección primera, naturaleza y ambiente.

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: 1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Constitución política del Ecuador, 2008, p. 174).

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles (Constitución política del Ecuador, 2008, p. 175).

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

2 . Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales (Constitución política del Ecuador, 2008, p. 176).

Sección quinta, Suelo.

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión (Constitución política del Ecuador, 2008, p. 179).

2.3.2. Ley de prevención y control de la contaminación De la prevención y control de la contaminación de los suelos En su capítulo VII.

Art. 20.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes (Ley de prevención y control de la contaminación, 2004, p. 3).

Art. 21.- Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica (Ley de prevención y control de la contaminación, 2004, p. 3).

2.3.3. Acuerdo Ministerial 097 A

Reforma del TULSMA libro VI anexo 2

Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados

4.1 Normas de aplicación general

La presente norma se aplica para los siguientes usos del suelo: agrícola, pecuario, forestal, urbano, minero, recreativo, de conservación, industrial y comercial. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se establecen los siguientes criterios: Prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales, industriales, comerciales y de servicios, incorporando técnicas apropiadas y procedimientos para su minimización, reúso y reciclaje (Ministerio del Ambiente, 2015).

4.4 Criterios de calidad de suelo y criterios de remediación

4.4.2 Criterios de calidad del suelo

Los criterios de calidad del suelo son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante presente en el suelo. Los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Estos valores pueden ser el resultado de la evolución natural del área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas (Ministerio del Ambiente, 2015).

4.4.3 Criterios de remediación del suelo

Los criterios de remediación se establecen de acuerdo al uso del suelo, tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes en un suelo luego de un proceso de remediación (Ministerio del Ambiente, 2015).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de índole descriptivo, donde se usaron técnicas de levantamiento de información de suelo, que se aplicó en Punta Bellaca, perteneciente al cantón Sucre de la provincia de Manabí.

El proceso descriptivo buscó plantear el entorno en el que se encuentra el sector antes mencionado y su realación con la contaminación causado por la presencia de un botadero no autorizado, para lo cual se establecieron muestreos de suelo y sus respectivos análisis.

3.1.1.1 Investigación descriptiva

Se utilizó este tipo de investigación con el fin de recolectar información de fuentes oficiales como el INEC, el GeoPortal del Ecuador, la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados, en conjunto con las análisis de suelos que se realizarán en Punta Bellaca, sector perteneciente al cantón Sucre de la provincia de Manabí.

3.1.2 Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es de carácter no experimental ya que no se realizará ensayos experimentales, sin embargo se realizó un levantamiento de información mediante recursos bibliográficos, simultáneamente se realizaron análisis físicos y químicos del suelo, que ayudaron a determinar el grado de contaminación del suelo de la zona en estudio.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable independiente

Indicadores de contaminación suelo

- Granulometría
- Ph
- CE (Conductividad eléctrica)
- Humedad
- Niveles de Cadmio (mg/kg)
- Niveles de Plomo (mg/kg)

3.2.1.2 Variable dependiente

- Grado de contaminación en el botadero clandestino del Cantón Sucre.

3.2.2 Tratamientos

La presente investigación no aplica tratamiento ya que es de carácter no experimental, sin embargo se tomaron datos que sirvieron como referencia para la investigación.

3.2.3 Diseño experimental

La presente trabajo de investigación no aplica diseño experimental ya que es de carácter no experimental, sin embargo se tomaron datos que ayudan como referencia para la investigación. Se tomaron aleatoriamente 10 muestras compuestas de suelo, las cuales definirán el grado de afectación del suelo, al momento de realizarle el respectivo análisis físico – químico. Para el análisis descriptivo se aplicó el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para la realización de mapas temáticos de la distribución de los parámetros físico-químicos evaluados.

3.2.4 Recursos

Debido a que la investigación es de carácter bibliográfica descriptiva, se utilizaron recursos económicos, humanos, tecnológicos.

- **Materiales y herramientas:** Cuadernos de apuntes, laptop, impresoras, documentos de bibliográficos, GPS, análisis de suelos.
- **Recursos humanos:** Recurso de los tesistas, del tutor
- **Recursos económicos:** El presente trabajo de investigación será financiado por recursos propios del tesista.

3.2.5 Métodos y técnicas

3.2.5.1 Método Analítico

Mediante la información bibliográfica recopilada se logró analizar de manera objetiva la cantidad de datos e información relacionadas al tema que está en estudio.

3.2.5.2 Recopilación Documental

Mediante este método se logró realizar las comparaciones de los resultados con la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados. Además se partió de la información disponible en las plataformas web del Estado, y con el apoyo de las tecnologías de información, como los Sistemas de Información Geográfica, se procesaron los suministros, tales como, la cartografía digital existente y generando nueva información, donde se analizó y modeló situaciones que describan la situación actual de la zona de estudio.

3.2.5.3 Observación directa

La investigación se realizó a través de la observación y Sistemas de Información Geográfica, para cubrir toda la zona en estudio, y generar los puntos de muestreos que servirán para establecer las áreas de estudio.

3.2.5.4 Muestreos de suelos.

Para la toma de muestras destinadas al análisis de granulometría, pH, Conductividad eléctrica, materia orgánica, cadmio y plomo, se procedió a seguir los protocolos previstos por la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados, la cual recomienda un mínimo de 5 y un máximo de 20, con una profundidad promedio de 60 cm, y por cada 6 o 7 muestras, recomienda tomar un testigo. Con referencia a estas especificaciones dictadas por la Norma, se definió un total de 10 muestras tomadas aleatoriamente, las cuales serán georeferenciadas con la ayuda de un gps.

3.2.5.5 Análisis de las muestras

Los análisis de las muestras se enviaron a un laboratorio privado para su respectivo estudio. Previo a este proceso se procedió a identificar las muestras tomadas en campo, con los siguientes parámetros:

- Numero de la muestras
- Georeferenciacion de las muestras
- Responsable de la toma de muestras: Raisia Torres
- Nombre del predio: Punta Bellaca

3.2.5.6. Levantamiento topográfico con GPS

Para realizar el levantamiento se necesitó un cuaderno de campo y el GPS

Se estableció el numero de puntos y vectores a tomar con el GPS

En la hoja de Excel donde se detallo el numero de puntos de quiebre con las coordenadas de proyección plana UTM, en el sistema WGS88_17S.

Dentro del software ArcGis se procedió a calibrar el sistema de coordenadas de trabajo, en este caso se aplicó un sistema de coordenadas proyectadas, y el datum WGS84, asimismo se asignó la zona geográfica: 17S. Posteriormente se ingresaron los datos de las coordenadas que pertenecen a las muestras que se tomaron en campo, y usamos la herramienta Point to Line, para poder generar el polígono, correspondiente al área de estudio.

Tabla 1. Coordenadas de muestreo

PUNTOS	X	Y
1	561207	9932590
2	561267	9932630
3	561305	9932620
4	561255	9932580
5	561293	9932520
6	561320	9932540
7	561368	9932510
8	561403	9932520
9	561447	9932560
10	561455	9932510
11	561298	9932570
12	561345	9932610
13	561194	9932550
14	561243	9932600
15	561252	9932650
16	561278	9932600
17	561235	9932560
18	561288	9932550
19	561347	9932530
20	561377	9932530

Torres, 2020

3.2.5.7. Elaboración de la cartografía temática de los análisis físico-químicos

En la elaboración de los mapas se utilizó el software SIG, Arcmap, con el polígono de planimetría ya realizado, dentro del mismo software, para generar una base de datos con la información resultante de los análisis de físico-químicos y los puntos

de muestreo, este proceso se logró completar gracias a la ayuda de la herramienta Krigging.

3.2.6 Análisis estadístico

Como ya se mencionó el presente trabajo es de carácter no experimental, el estadístico aplicado será descriptivo, sin embargo los datos obtenidos de la investigación serán representados en gráficos de barras y tablas; esto permitirá dar a conocer de una manera clara y precisa de cada uno de los datos obtenidos en la investigación.

4. Resultados

4.1. Análisis del grado de contaminación en el suelo mediante análisis físico- químicos, comparando con los valores que se encuentran en la Normativa Ambiental vigente.

El área de estudio se ubicó en el oeste del cantón Sucre, de la provincia de Manabí, dicha área comprende un total de 2.5 km² de extensión, los cuales considerando factores como la presencia de cantidades desechos, y la topografía, se procedió a tomar un total de 20 muestras de suelo, distribuidas aleatoriamente con dos testigos, a los cuales se les considera valores de fondo.

4.1.1. Textura de suelos

La frecuencia de los resultados se localizaron en un 55% correspondientes la textura franco arenosa, referentes a 11 muestras, por tanto el 45% restante se distribuyó entre la textura arenosa y franco arcillosa, con 25 y 20% respectivamente. Estos suelos presentan la particularidad de mantener un poco la humedad, que sumado a la textura franco arenosa, hacen que la lixiviación de los metales pesados sea mucho mas fácil.

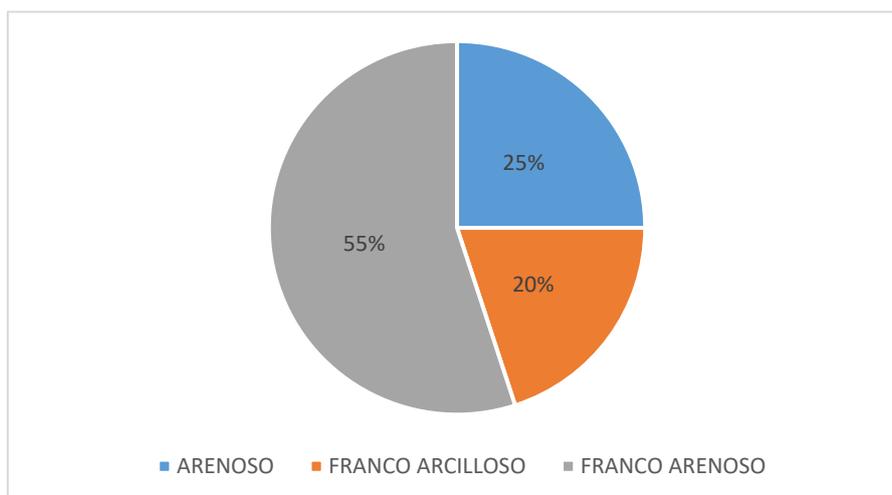


Figura 1. Textura de suelos presente en el área de estudio Torres, 2021

4.1.2. Humedad de suelo

La humedad en estos suelos varía en un porcentaje entre 10.4% a 27%, por lo cual fueron clasificados como suelos arenosos a franco arenosos, utilizando la metodología como lo expresa Bosch, (2014).

El agua que circula por el suelo, al estar en contacto con elementos potencialmente tóxicos, baja el pH de ésta, haciendo que estos sean liberados. Por ello la humedad cumple un papel importante en estudios de contaminación de este recurso; mientras mayor sea la humedad existirá mayor movilidad de los elementos que posee el suelo.

La mayoría de las muestras analizadas presentaron un porcentaje de humedad entres 17 a 20 unidades porcentuales, correspondientes a los siguientes puntos de muestreo 1,2,3,5,11,14,16,19, lo que corresponden a zonas con una alta permeabilidad, mientras que en las zonas correspondientes a los puntos de muestreos restantes, respondieron con una valores ya inferiores a las 17 unidades porcentuales lo que nos indica que la permeabilidad es un poco menor, debido a que en su textura predominan partículas arcillosas.

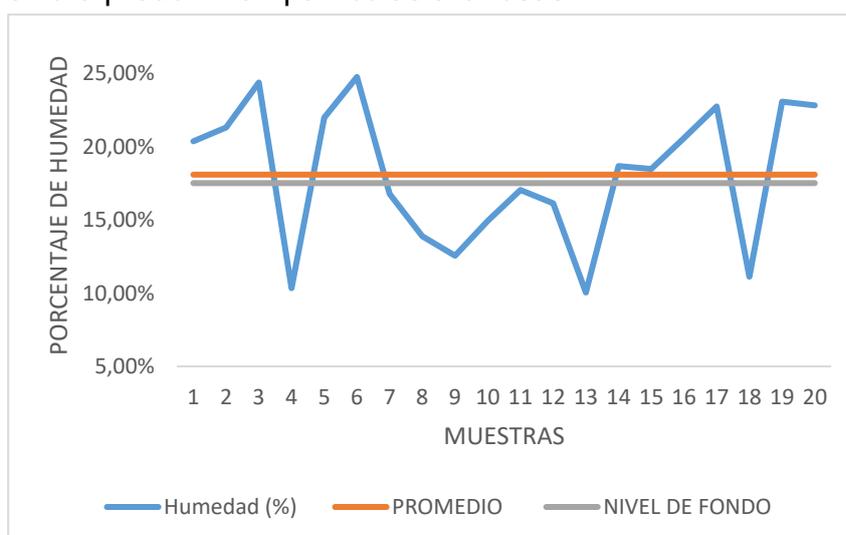


Figura 2. Porcentaje de humedad presente en las muestras evaluadas
Torres, 2021

4.1.3. Resultados de Ph

En la figura reflejan los resultados de los análisis de niveles de pH, estas muestras se tomaron a una profundidad de 20 a 40cm, estos resultados indican que oscilan en un rango de 7 a 8.5 unidades de p H, de las cuales el 80% de dichas muestras presentaron un pH moderadamente alcalino, mientras que el 20% restante respondió a un pH practicamente neutro, al igual que los valores resultantes de las muestras testigos, que se indicam en el figura como valores de fondo. El 25% de las muestras presentaron un índice de pH elevado, en comparación con los niveles permisibles en la Normativa Ambiental del Ecuador para este parámetro.

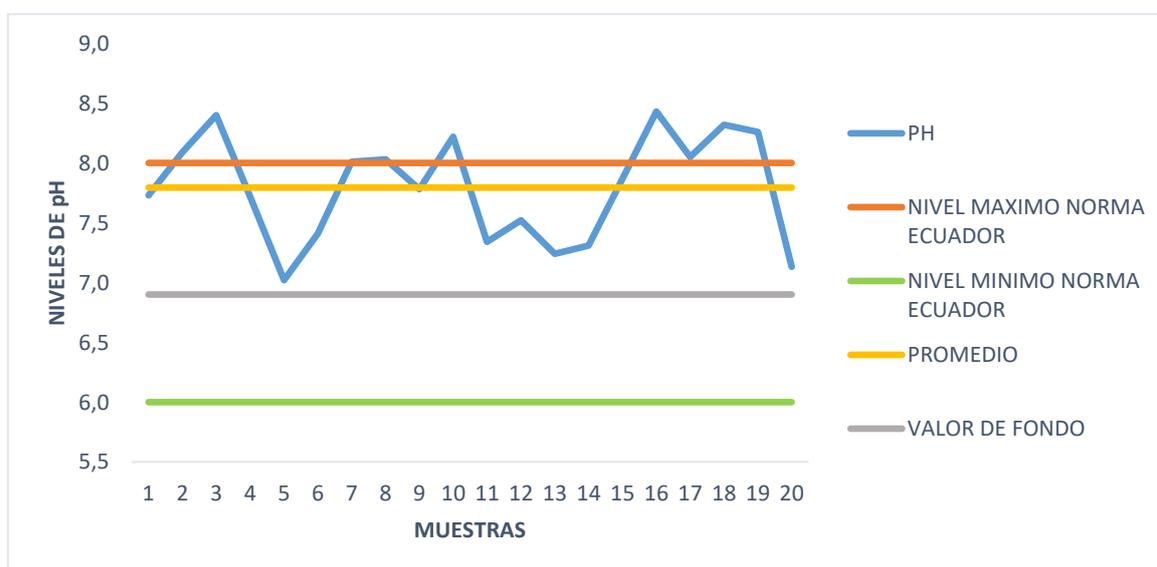


Figura 3. Niveles de pH, presentes en las muestras evaluadas Torres, 2021

4.1.4. Presencia de cadmio en el suelo

Los niveles de cadmio fueron medidos en unidades de mg/Kg, dichos valores indican que las muestras, en su totalidad estuvieron bajo los niveles máximos permisibles dictados por la Normativa Ecuatoriana (2 mg/Kg).

Los valores encontrados en las muestras de suelos oscilaron entre 0.4 y 1.5 mg/Kg, por lo que se puede interpretar que no existe contaminación del suelo en estudio en función de este metal pesado. La poca retención de este elemento se debe a las condiciones físicas del suelo, tanto como la humedad y la textura, la misma que se determinó como franco arenosa.

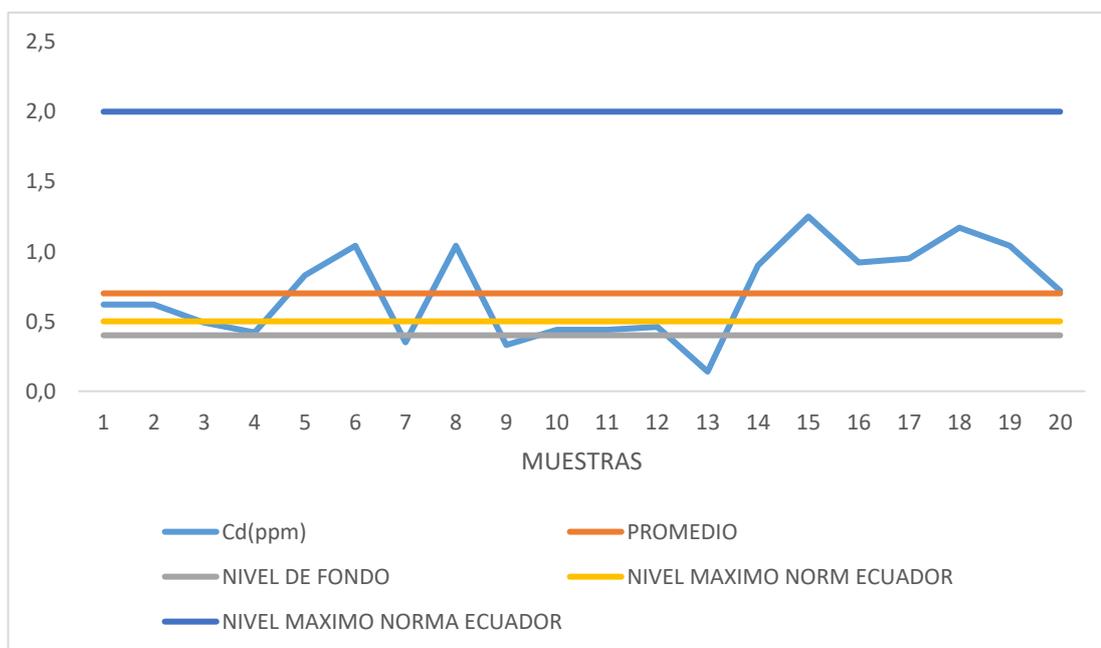


Figura 4. Niveles de cadmio presentes en las muestras evaluadas

4.1.5. Presencia de plomo en el suelo

Los resultados indican que la concentración de plomo en el suelo analizado se encuentra por encima del límite máximo permisible por la Normativa Ecuatoriana (25mg/kg) por lo que se puede deducir que existe contaminación por este elemento dentro del área circundantes.

Las causas que contribuyen a la presencia de este elemento, serían la presencia de envases, residuos de fertilizantes minerales y productos fitosanitarios, el vertido de los residuos que se generan, por ejemplo, estiércol, purines, residuos sólidos urbanos, de los cuales se hizo evidente su presencia en el lugar de estudio.

Los resultados de las muestras mantuvieron un promedio de 33 mg/kg, lo que indica numericamete que superó los limites permisibles en la Normativa Ecuatoriana.

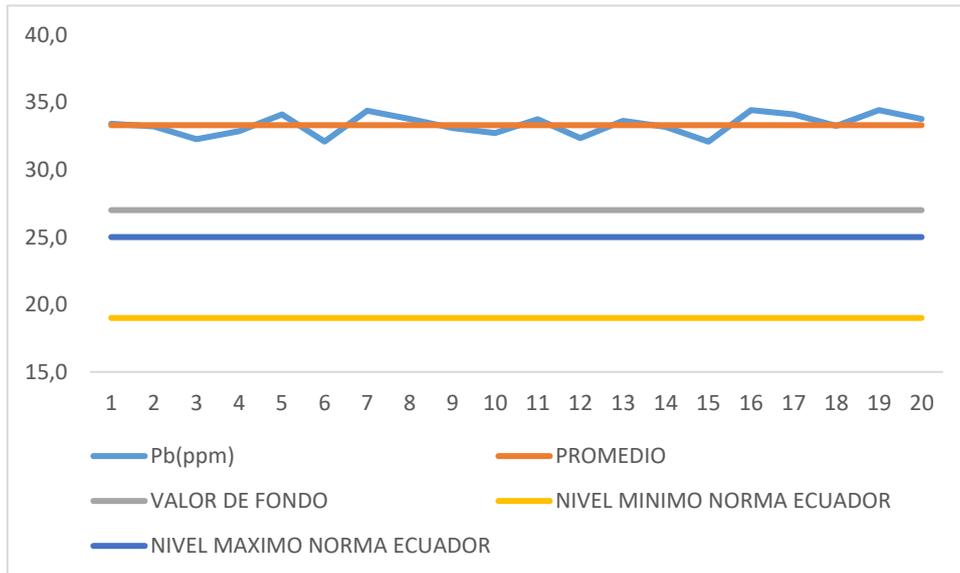


Figura 5. Niveles de plomo presente en las muestras evaluadas Torres, 2021

4.1.6. Presencia de Materia Organica

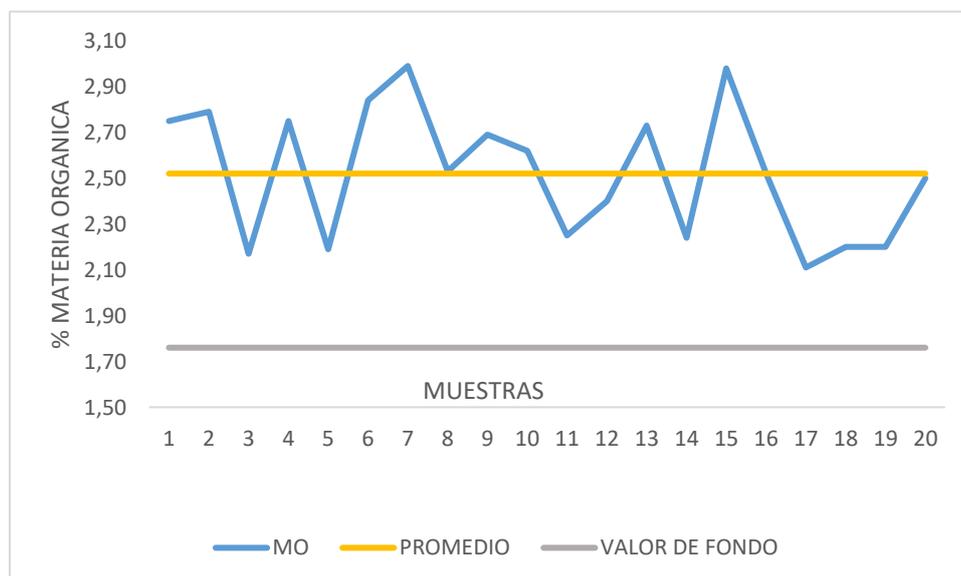


Figura 6. Niveles de materia organica encontradas en las muestras evaluadas. Torres, 2021

Las muestras evaluadas presentaron un porcenje promedio de 2.5% de materia organica, de las cuales su máximo valor se acercaba al 2.9% y el minimo valor

bordeaba los 2.1%. todas estas muestras están dentro del rango mínimo de materia orgánica que debería presentar un suelo sano. Este parámetro se podría ver afectado por la presencia de contaminantes, los parámetros físicos del suelo como la estructura, textura; otros factores exógenos como la interacción de los factores climáticos .

4.1.7. Niveles de conductividad eléctrica

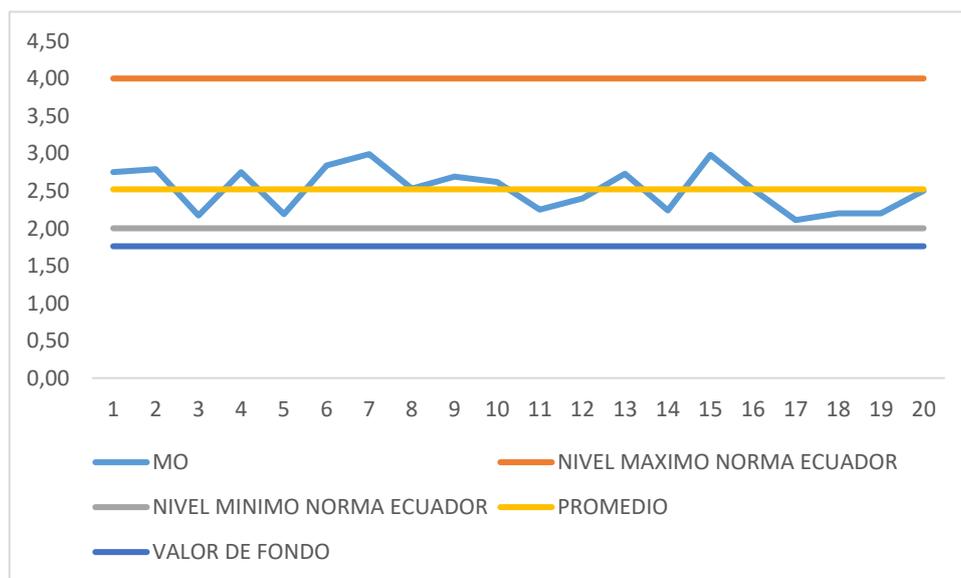


Figura 7. Niveles de CE(dS/mm), presente en las muestras evaluadas.
Torres, 2021

En el caso de este botadero a cielo abierto en punta Bellaca, varían en un rango de 0.78 a 3.6 dS/mm, con un promedio de 1.91dS/mm, con niveles medios de salinidad. A partir de estos resultados podemos decir que el nivel de salinidad presente en este suelo estudiado no es significativo, pues está por debajo del nivel crítico que es 4 dS/mm, que es el concepto definido tradicionalmente, sin embargo los suelos destinados a la agricultura están definidos por un nivel crítico de 2dS/mm.

4.2. Análisis de la distribución espacial de metales pesados(Cadmio y Plomo)

Para obtener información referente a la distribución espacial de los metales pesados presentes en la zona del botadero no autorizado (23175 m²), se realizó un proceso geoestadístico en el software de Sistemas de Información Geográfica, ArcMap, de la empresa ESRI. Para lo cual se generó matrices de información, resultantes de los análisis de suelos realizados, posteriormente se realizaron interpolaciones con la herramienta “Krigging”, para cada una de las variables. Asimismo se procedió a realizar una clasificación para cada una de las variables, con la herramienta “Reclassify” dando 3 categorías (Alto, Medio, Bajo)distribuyendo los datos en intervalos iguales con la opción “Equal Intervals”, para cada una de las variables. Una vez reclasificado, procedimos a transformar en polígonos a cada uno de los raster´s resultantes, para facilitar el cálculo de las áreas clasificadas, este proceso se lo ejecutó con la herramienta “Raster to Polygon”.

Por ultimo se ejecutó la herramienta “Dissolve” para poder agrupar todos los polígonos que tengan el mismo de atributo de clasificación, que en este caso fue el atributo “gridcode”,y facilitar el cálculo de las áreas correspondientes con la herramienta “Summarize”, estos procesos se realizaron para cada una de las variables estudiadas,

4.2.1. Distribución espacial de Cadmio

Los datos espaciales indican que este elemento contaminante se extiende en niveles bajos en un área de 1730.6 m², que representan el 8% del área. El 63% del área total, presentoó valores medios de concentración de cadmio en las muestras evaluadas, cuya área representa un total de 14673.6 m². En contraste, el 29% del

área total estudiada, presento niveles altos de concentración de este metal, con un total de 6788.1 m², lo que podemos observar en la Figura 8.

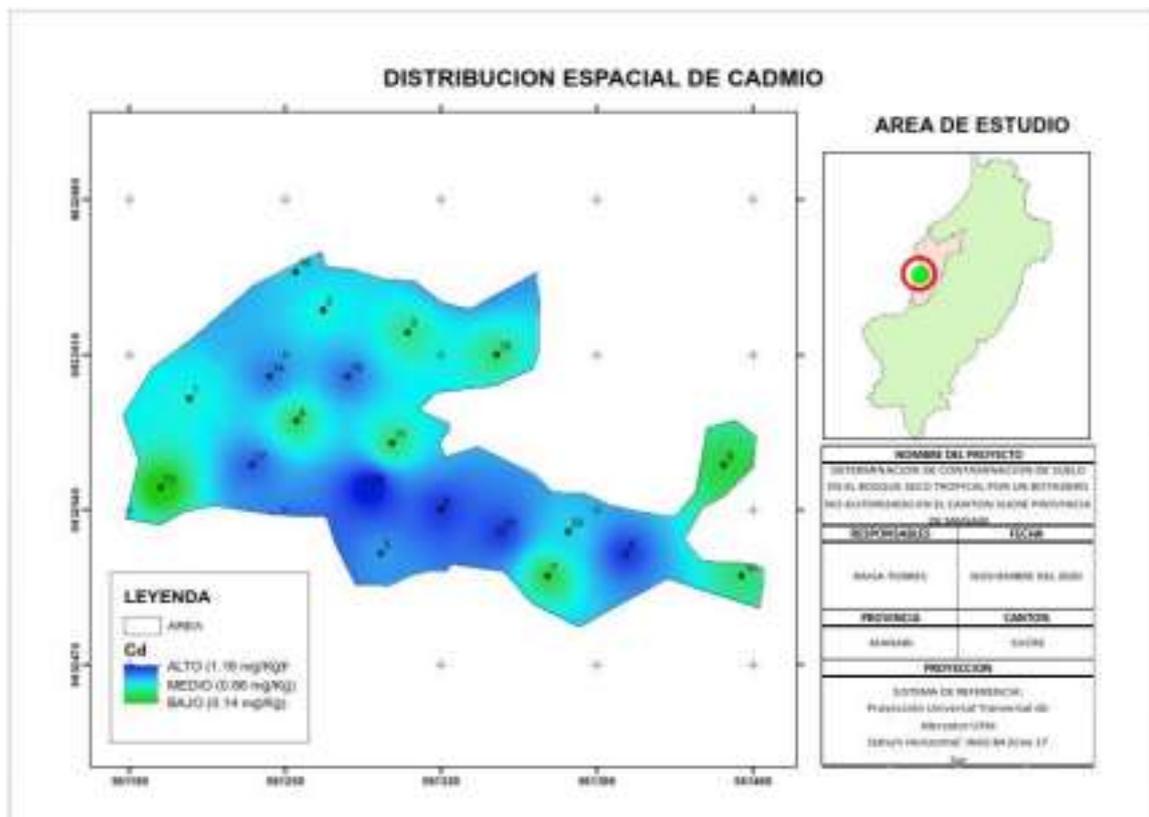


Figura 8. Mapa de la distribución espacial de cadmio Torres, 2021

4.2.2. Distribución espacial de Plomo

Los valores resultantes del análisis espacial indican que este elemento se extiende en niveles bajos en un área de 3769 m², que representan el 16% del área. El 45 % del área total, presentó valores medios de concentración de cadmio en las muestras evaluadas, cuya área representa un total de 10476.6 m². Por el contrario, el 39% del área total estudiada, presento niveles altos de concentración de este metal, con un total de 8929 m², lo que podemos observar en la Figura 9.

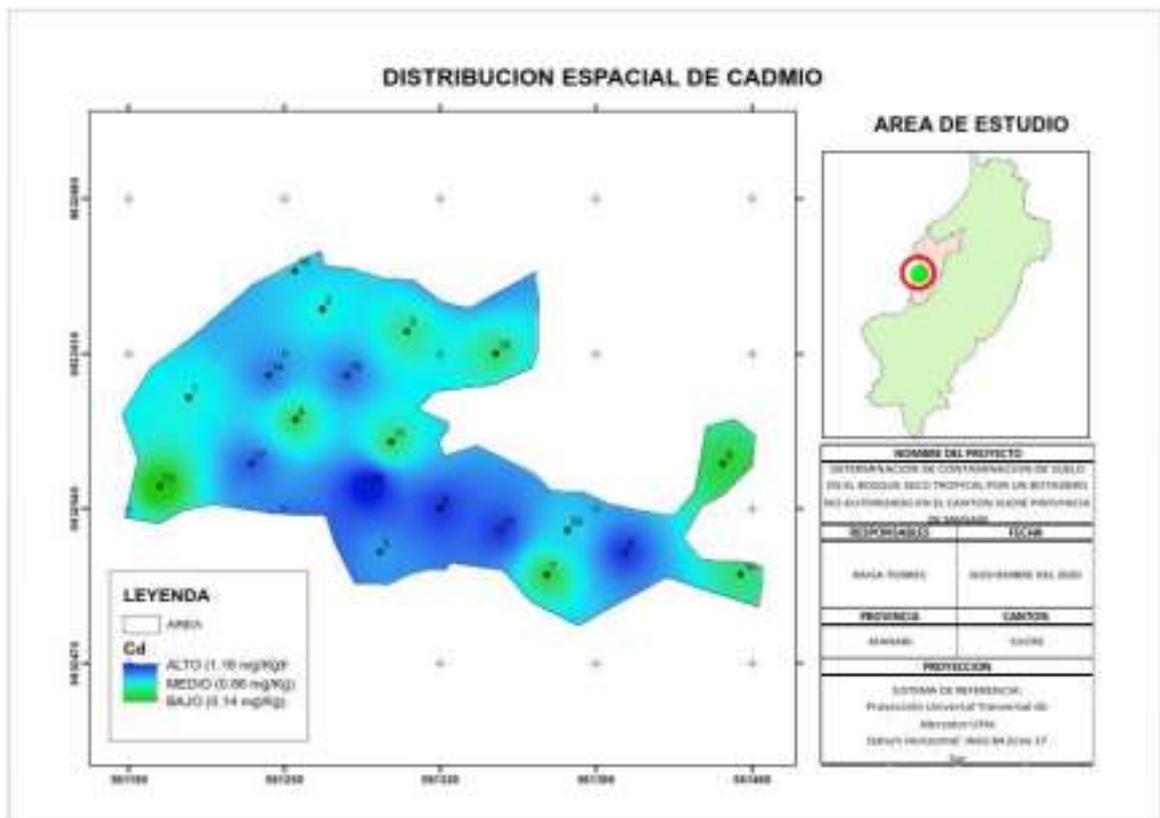


Figura 9. Mapa de la distribución espacial de Plomo Torres, 2021

4.2.3. Distribución espacial del pH

Respecto a este parámetro, los resultados indicaron que el 11% del área total tuvo un pH bajo, representado por un total de 2618.04 m², mientras que el 65% de dicha área presentó un pH medio, con un total de 15032.39 m². El 24% restante presentó un pH alto, este porcentaje comprendió un área de 5525.5 m² del área estudiada. Esto lo podemos observar en la Figura 10.

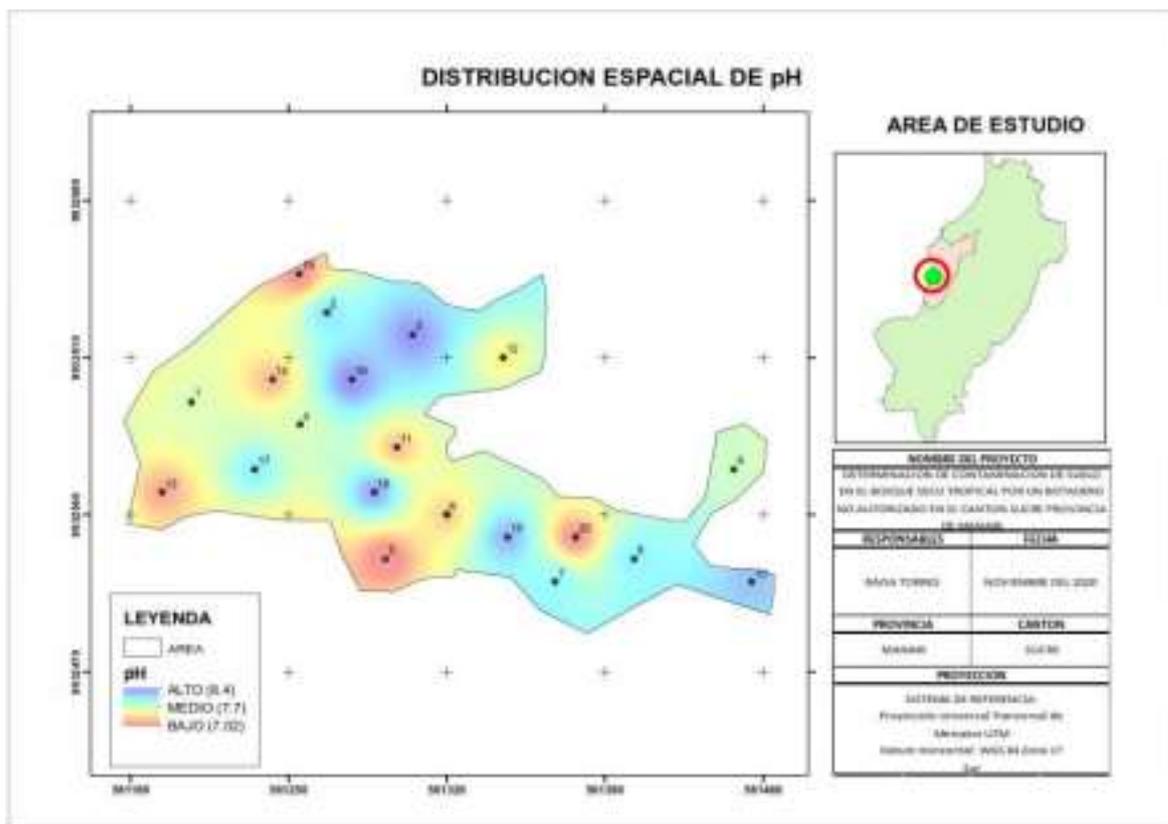


Figura 10. Mapa de la distribución espacial del pH
Torres,2021

4.2.4. Distribución espacial de Materia Orgánica

La materia orgánica con niveles medios en la zona se presentó con un mayor porcentaje (64%) con un total de 14688 m² del botadero no autorizado, mientras que el 36% se distribuyó entre los resultados más altos y más bajos, un área de 2400 m² que representa el 26% del área con un pH bajo, mientras que el 10% restante correspondió a las zonas que presentaron un pH alto, con área total de 6088 m², como se observa en la Figura 11.

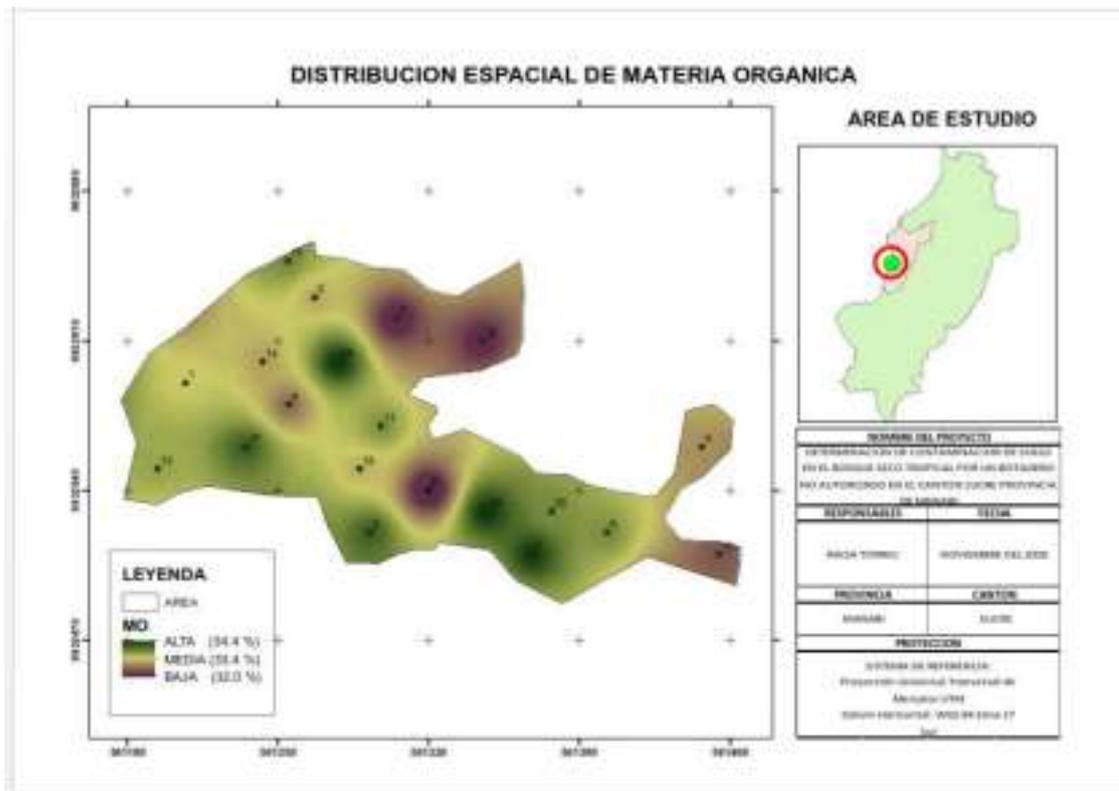


Figura 11. Mapa de la distribución espacial de la Materia orgánica Torres, 2021

4.2.5. Distribución espacial de la Conductividad Eléctrica

Este parámetro presentó un total de 17392.5 m², dicha área responde al 75% del área que presenta una conductividad eléctrica media, mientras que el 18% respondió con una conductividad eléctrica alta, con un total de 4087m², y un 7% de esta área respondió con una conductividad eléctrica baja, con un área total de 1694 m², como lo podemos observar en la Figura 12.

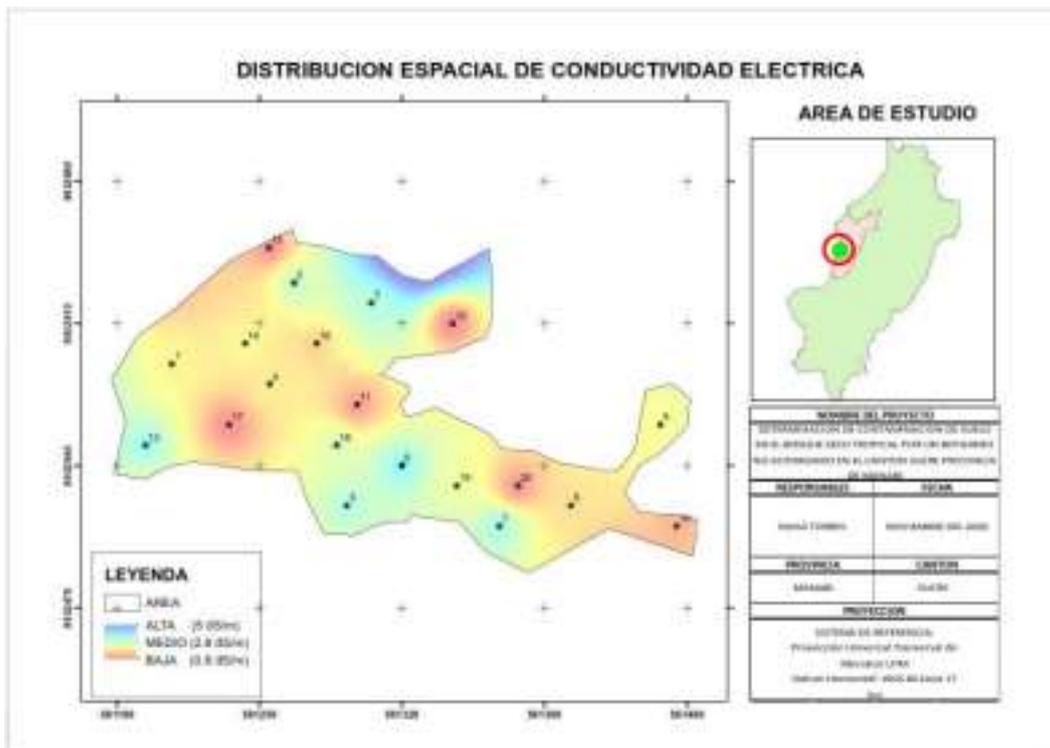


Figura 12. Mapa de la distribución espacial de Conductividad eléctrica Torres, 2021

4.2.6. Distribución espacial de la Humedad del suelo.

EL 56% del área que comprende el botadero, posee una humedad media en su estructura, correspondiendo con un área de 12933 m², mientras que el suelo que presentó una cantidad de humedad baja, representó el 16% del área estudiada, respondiendo a un área de 3677.5 m², el porcentaje restante(28%) respondió a un área de 6564 m², que perteneció al área que tenía un suelo con la humedad alta, como se observa en la Figura 13.

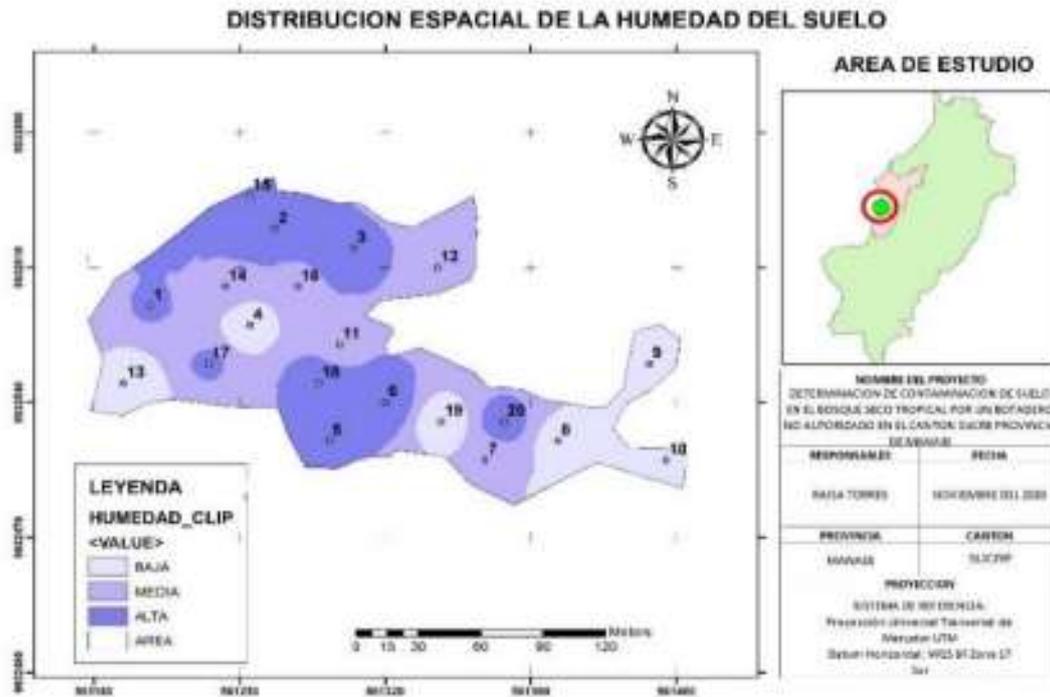


Figura 13. Mapa de la distribución espacial de la Humedad

4.2.7. Distribución espacial de la textura de suelo

En este parámetro físico del suelo, se obtuvieron datos que indican que el 67% del botadero tuvo una textura franco arcillosa, con un área total de 15585.66 m², mientras que el 25% de dicha área correspondió a un suelo de textura franco arenosa, con un área de 5794.7 m², por último el área que se presentó en menor proporción fue el suelo con textura arenosa, representando el 8% del área en estudio, con un área total de 1799.8 m², como los podemos observar en la figura 14.



Figura 14. Mapa de la distribución espacial de la textura del suelo.

Torres, 2021

4.3. Propuesta de medidas para la recuperación del suelo en el bosque seco tropical.

Para reducir la contaminación de los suelos por botaderos no autorizados es necesario mencionar la implementación de múltiples propuestas que permitan la preservación del área:

Poner en práctica las leyes nacionales e internacionales que tengan como objetivo principal la conservación de los bosques, preservación de ecosistemas y que fomenten el desarrollo sostenible.

Contribuir en la formulación e implementación de proyectos agroecológicos, cadenas productivas y la participación de instituciones ambientales de la provincia de Manabí, siendo la educación y la capacitación ambiental el eje principal para el fortalecimiento de las capacidades locales y la producción agropecuarias con los principios ambientales adecuados.

Promover la articulación interinstitucional, para la realización de una zonificación ambiental del territorio, y de esta manera determinar la vulnerabilidad del bosque en cuestión, frente a amenazas por actividades antrópicas que se realizan alrededor del bosque.

5. Discusión

De acuerdo al análisis realizado los niveles de cadmio se encontraron dentro de los límites permisibles, por lo tanto da indicio a una baja acumulación y toxicidad. Por otra parte la presencia de cadmio sobre pasó los límites permisibles asumiendo así que en el lugar se realizan diferentes actividades antrópicas relacionadas a la minería y la fabricación de pinturas.

Los resultados presentados en relación a la concentración de Plomo (Pb) del presente trabajo no difieren del trabajo de investigación realizado por Viera(2018), ya que en el trabajo citado se semejan a los valores establecidos por la Normativa Ecuatoriana del recurso suelo, encontrándose el valor más alto en la parte sur

este del área estudiada (34.4 mg/Kg) frente a lo reportado en el trabajo citado (33.9 mg/Kg).

La presente investigación mostró resultados similares al estudio realizado por Nuñez (2016), en el cual cita un resultado máximo de 1.4mg/Kg de concentración de Cadmio (Cd), en las muestras de suelo estudiado, frente a lo resultante de este trabajo (1.6 mg/KG), en ambos casos indican que hay una ligera contaminación por este metal pesado.

Como menciona Galindo y Nuñez (2010) que en la actualidad se exige un control para tratar desperdicios de restos de contaminantes y contaminación, por ende es necesario aplicar propuestas de medidas para la recuperación del suelo, así como se planteó en el bosque seco tropical.

60

El Ministerio del Ambiente, (2013) señala que la implementación de una política debe estar enfocada en el mejoramiento de los sistemas de tratamiento de residuos, impulsando de esta manera buenas prácticas ambientales.

Según Arellano & Guzman (2011) citan que el manejo de los residuos sólidos, es una actividad de vital importancia en las ciudades, por tanto tienen su clasificación: en residuos municipales, residuos industriales y residuos peligrosos; por tanto, para cada una de estas categorías deberían implementarse manejos especializados, tal como se realiza en la propuesta que se realiza en este investigación.

6. Conclusiones

Una vez terminada esta investigación sobre la afectación del suelo en donde se encuentra un botadero no autorizado en el cantón Sucre de la provincia de Man, se concluye que:

El metal pesado que mayor concentración tuvo en las muestras analizadas fue el plomo, con niveles promedio de 33 mg/Kg y el cadmio valores entre 0,4 y 1.5 mg/Kg indicando valores superiores y normales respectivamente estipulados en la Normativa Ecuatoriana de recurso suelo, el contenido de arena en las muestras en promedio es de 33%, frente a un 67% de textura franco arcillosa y un contenido promedio de materia orgánica de 2.1%, lo que nos indica que estos suelos carecen de fijación de metales pesados, y estos pueden pasar rápidamente al subsuelo y contaminar los niveles freáticos.

Con el uso de software's de sistemas de información geográfica, son fundamentales como herramienta de análisis geoestadístico y elaboración de mapas temáticos de distribución espacial de las variables estudiadas nos proporcionó la ubicación de los contaminantes en el botadero no autorizado de Punta Bellaca.

Con la ejecución de la propuesta de las medidas de recuperación de suelo del botadero se reducirá de manera significativa el grado de perturbación severo que actualmente presenta con ello se recuperará la biodiversidad presente en la zona.

7. Recomendaciones

Se recomienda a las autoridades competentes, realizar una intervención en esta zona que pertenece a un bosque seco tropical y gestionarlos con técnicas de remediación de suelo que están citadas en la Normativa Ecuatoriana de recurso suelo.

Se recomienda la aplicación de una metodología de zonificación y actualización de información ambiental de la zona. Para posteriores estudios de corrientes de fuentes hídricas, ordeamiento de cuentas hidrográficas y del territorio mismo, con el fin de integrar los componentes ambientales suficientes en las vías del desarrollo sostenible.

Las áreas que comprenden el bosque seco tropical representan al ecosistema que es predominante en la zona, y posee una gran importancia en la biodiversidad de la misma; por su gran extensión y versatilidad, son frágiles y necesitan protección y una perturbación menor por factores antrópicos.

8. Bibliografía

- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., & Zepeda, F. (1997). DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. 130.
- Andrade, L., & Carvajal, D. (2018). El reciclaje de desechos sólidos orgánicos y su incidencia en los derechos del Buen Vivir de los habitantes del sector Las Cuadras, Distrito Metropolitano de Quito 2015. Universidad Central del Ecuador.
- Arias, L., & Torres, E. (2011). Proyecto centro histórico de Gualaceo sin contaminación visual. Universidad de Cuenca.
- Armas, Y., & Yaselga, G. (2015). ESTUDIO DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES QUE GENERARÁ LA CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO DE SAN MIGUEL DE IBARRA, EN EL SECTOR LAS TOLAS DE SOCAPAMBA.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2010). Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomías y Descentralización. http://www.ame.gob.ec/ame/pdf/cootad_2012.pdf
- Cruz, A. B., & Barra, J. E. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. 8.
- Diaz Dorado, M. D. (1993). Ordenamiento ambiental. Urbanismo sanitario: Ecología - contaminación - infraestructura (1a. ed). Talleres Gráficos Castiglioni.

- Gómez, E. y Pereira, J. (2013). La contaminación visual de los espacios verdes en la ciudad de Bogotá (tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Garzón, F. y Castro, M. (2007). Propuesta para solucionar la contaminación visual provocada por la concentración de publicidad exterior de las principales avenidas de la zona norte del Distrito Metropolitano de Quito (tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.
- Jiménez, J. C. S., & Carvajal, H. Q. (2006). Impacto ambiental del manejo de desechos sólidos ordinarios en una comunidad rural. 19, 8.
- Luna, C., & Crystian, M. (2011). Estudio para el cierre técnico definitivo del botadero de basura antiguo del cantón Girón y la recuperación ambiental de la zona. Universidad Católica de Cuenca.
<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/3774>
- MAE. (2002). Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Guía ambiental para el saneamiento y cierre de botaderos a cielo abierto. El Ministerio,.
- Municipalidad del Cantón Sucre. (2012). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (Gaceta oficial No.36) (13 de noviembre del 2012). Gaceta oficial, No 36,2015, 04, diciembre.
- Navarrete, M. E. K. (2019). Análisis Multicriterio basado en SIG para identificar potenciales áreas para establecer un relleno sanitario en el cantón Rumiñahui de la provincia Pichincha, Ecuador.
- Negrete, J., & Rubio, P. (2008). Gestión del paisaje en áreas de interés natural. Cuadernos Geográficos.

- Olivares, F. (2009). "Cidade limpa" y la contaminación publicitaria en la ciudad. Zer, 14 (26), 253-275.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE (2003). Definiciones El Suelo. Gobierno de México 2004. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/448/9.pdf>
- Pitre, U. (2011). Diseño de la identidad corporativa y creación del sitio web para para la empresa de diseño gráfico representaciones FAB-UB municipio Libertador (tesis pregrado). Universidad Nueva Esparta, Caracas, Venezuela.
- Rodríguez, G.; Londoño, B. y Herrera, G. (2008). Ciudades ambientalmente sostenibles.
- Sáez, A. (s. f.). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. 16.
- Segarra, P. (2017). DOCUMENTO DE EVALUACIÓN NACIONAL DE DEGRADACIÓN DE LA TIERRA MEDIANTE LA METODOLOGÍA LADA-WOCAT. 76.
- Silva, W. P. P. (2015). "La Problemática Ambiental Y El Deterioro De Los Recursos Naturales En El Ecuador. Una Perspectiva Desde La Geografía" Quisito De Examen Complexivo Según La Unidad De Titulación Especial En La Carrera De Ingeniería En Ciencias Geográficas Y Desarrollo Sustentable Con Mención En Ordenamiento Territorial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Sistema Nacional de Información P Ambiental (2011). Eliminación de Vertederos Ilegales. Recuperado de http://www.sinia.cl/1292/articulos-31698_recurso_4.pdf
- Stallings, J. (1992). El Suelo Su uso y Mejoramiento. México: Diana S.A.

Suquilanda, M. (2008). El Deterioro De Los Suelos En El Ecuador Y La Productividad agrícola. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.-Suelos.pdf>.

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundarias del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI, De la Calidad Ambiental

Troncoso, A. (2018). Evaluacion De La Contaminacion Generada Por Pesticidas (Organoclorados) En El Estero La Cadena, Cantón Valencia, Provincia De Los Ríos. 2018. Universidad Agraria del Ecuador.

Aguirre, Z., Kvist, L., Sánchez, O., Editores, M., Moraes, R., Øllgaard, B., Borchsenius, F., & Balslev, H. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. Botánica Económica de los Andes Centrales.

9. Anexos



Figura 15. Mapa de ubicación de la zona evaluada

Tabla 1. Puntos de muestreo y resultados de los análisis realizados

PUNTOS	X	Y	TEXTURA	Ph	Cd(ppm)	Pb(ppm)	MO(%)	CE(dSm/m)	Humedad (%)
1	561207	9932590	FRANCO ARENOSO	7.7	0.6	33.4	2.5	1.9	20.35
2	561267	9932630	ARENOSO	8.1	0.6	33.2	2.8	2.6	21.30
3	561305	9932620	FRANCO ARCILLOSO	8.4	0.5	32.3	2.8	2.8	24.36
4	561255	9932580	FRANCO ARENOSO	7.7	0.4	32.9	2.2	1.8	10.33
5	561293	9932520	FRANCO ARENOSO	7.0	0.8	34.1	2.8	2.9	21.97
6	561320	9932540	FRANCO ARENOSO	7.4	1.0	32.1	2.2	3.2	24.74
7	561368	9932510	FRANCO ARCILLOSO	8.0	0.4	34.4	2.8	3.1	16.76
8	561403	9932520	FRANCO ARENOSO	8.0	1.0	33.8	3.0	1.6	13.87
9	561447	9932560	FRANCO ARENOSO	7.8	0.3	33.1	2.5	1.9	12.55
10	561455	9932510	ARENOSO	8.2	0.4	32.7	2.7	1.1	14.93
11	561298	9932570	FRANCO ARENOSO	7.3	0.4	33.8	2.6	0.9	17.04
12	561345	9932610	FRANCO ARCILLOSO	7.5	0.5	32.3	2.3	0.6	16.13
13	561194	9932550	FRANCO ARENOSO	7.2	0.1	33.6	2.4	3.1	10.04
14	561243	9932600	FRANCO ARENOSO	7.3	0.9	33.2	2.7	2.0	18.67
15	561252	9932650	ARENOSO	7.9	1.3	32.1	2.3	2.9	18.46
16	561278	9932600	FRANCO ARENOSO	8.4	0.9	34.4	2.2	1.5	20.58
17	561235	9932560	FRANCO ARCILLOSO	8.1	1.0	34.1	3.0	0.7	22.73
18	561288	9932550	FRANCO ARENOSO	8.3	1.2	33.3	2.5	2.4	11.10
19	561347	9932530	FRANCO ARCILLOSO	8.3	1.0	34.4	2.1	2.2	23.06
20	561377	9932530	FRANCO ARENOSO	7.1	0.7	33.8	2.2	0.8	22.81

Anexo 3. Acuerdo Ministerial 097, Anexo 2.

Suplemento 387 de 4 de noviembre del 2015 .

ANEXO 2 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACION PARA SUELOS CONTAMINADOS

Nota: Por mandato de la Disposición Transitoria Décima Primera del Acuerdo Ministerial No. 61, publicado en Registro Oficial Suplemento 316 de 4 de Mayo del 2015 , dispone que se entenderá como vigente este Anexo hasta que se expida el nuevo.

Nota: Anexo sustituido por Acuerdo Ministerial No. 28, publicado en Registro Oficial Suplemento 270 de 13 de Febrero del 2015 .

Nota: Anexo 2 sustituido por artículo 2 de Acuerdo Ministerial No. 97, publicado en Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de noviembre del 2015 .

INTRODUCCION

Esta norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, se somete a las disposiciones contenidas en esos instrumentos y es de aplicación obligatoria por parte de toda persona natural o jurídica, pública o privada, que desarrolle actividades que tengan potencial de afectación a la calidad ambiental del suelo en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina:

- Los objetivos y parámetros de calidad ambiental del suelo a ser considerados para diferentes usos de este recurso.
- El procedimiento para determinar los valores iniciales de referencia respecto a la calidad ambiental del suelo.
- Los límites permisibles de contaminantes en función del uso del suelo, en relación con un valor inicial de referencia.
- Los métodos y procedimientos para la determinación de los parámetros de calidad ambiental del suelo.
- Los métodos y procedimientos para la Remediación de suelos contaminados.

1. OBJETIVO GENERAL

La presente norma tiene como objetivo principal preservar la salud de las personas y velar por la calidad ambiental del recurso suelo a fin de salvaguardar las funciones naturales en los ecosistemas, frente a actividades antrópicas con potencial para modificar su calidad, resultantes de los diversos usos del recurso.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Establecer Normas de aplicación general para diferentes usos del suelo
2. Definir criterios de calidad de un suelo.
3. Establecer criterios de remediación para suelos contaminados.

71

3. DEFINICIONES

Para el propósito de la presente norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación, y las que a continuación se indican:

3.1 Actividades potencialmente contaminantes del suelo

Aquellas actividades de origen antrópico que, ya sea por el manejo de sustancias peligrosas o la generación de residuos, podrían contaminar al suelo. **3.2 Adsorción**

Se entiende por adsorción la fijación de una especie molecular o iónica (adsorbato) sobre la superficie de una sustancia sólida (adsorbente). Es un fenómeno de superficie complejo, en el que se produce fuerzas de interacción molecular físico-químicas, entre el adsorbato y el adsorbente.

3.3 Agua residual industrial

Agua de desecho generada en las operaciones o procesos industriales. **3.4**

Agua residual doméstica

Mezcla de: desechos líquidos de uso doméstico evacuados de residencias, locales públicos, educacionales, comerciales e industriales.

3.5 Agua Salina

Es aquella que posee una salinidad igual o superior a 30UPS (g/Kg) de sales.

3.6 Agua Salobre

Es aquella que posee una salinidad comprendida entre 0.5 y 30 UPS (g/Kg) de sales. **3.7 Agua Subterránea**

Es toda agua del subsuelo, especialmente la que se encuentra en la zona de saturación.

3.8 Área natural protegida

Superficie definida geográficamente que haya sido designada por la ley u otra norma jurídica dictada por los órganos competentes de la Función Ejecutiva, cualquiera sea su categoría de manejo, a fin de cumplir los objetivos de conservación definidos por la ley o norma.

3.9 Calidad ambiental del suelo

Conjunto de características cualitativas y/o cuantitativas que le permiten al suelo funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa, y que posibilita su utilización para un propósito específico en una escala amplia de tiempo.

3.10 Caracterización del suelo

Determinación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, que definen su calidad ambiental.

3.11 Caracterización en base seca

Es el ensayo realizado directamente sobre la matriz sólida de un suelo o residuo con el fin de determinar su composición química.

3.12 Caracterización vía lixiviado

Es el ensayo químico en el cual se obtiene un líquido representativo de un residuo sólido a través de un ensayo de lixiviación.

3.13 Conservación del suelo

3.14 Uso y manejo óptimo del recurso suelo para mantener un conjunto de características que le posibiliten funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte.

3.15 Contaminante del suelo

Sustancia que, en cualquier estado físico o formas, que al incorporarse o interactuar en el suelo, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad ambiental.

3.16 Daño Ambiental

Es el Impacto ambiental negativo en las condiciones ambientales presentes en un espacio determinado, ocasionado por el desarrollo de proyectos, que conducen a un desequilibrio en las funciones de los ecosistemas y que alteran el suministro de servicios que tales ecosistemas aportan a la sociedad.

3.17 Degradación

Pérdida de calidad ambiental del suelo debida a contaminación por sustancias

nocivas, deterioro de la estructura física, modificación de la composición química, alteración de procesos biológicos o uso inapropiado del recurso.

3.18 Descarga contaminante

Acción de verter, depositar, o inyectar aguas, sustancias o desechos en forma permanente, intermitente o fortuita que degrade por contaminación la calidad ambiental del recurso suelo.

3.19 Desecho peligroso

Los desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan alguna sustancia que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales aplicables, y lo establecido en el presente Libro.

3.20 Desechos especiales son:

a) Aquellos desechos, que sin ser peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar el entorno ambiental o la salud, debido al volumen de generación y/o difícil degradación y para los cuales se debe implementar un sistema de recuperación, reuso y/o reciclaje con el fin de reducir la cantidad de desechos generados, evitar su inadecuado manejo y disposición, así como la sobresaturación de los rellenos sanitarios municipales;

b) Aquellos cuyo contenido de sustancias que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, no superen los límites de concentración establecidos en la normativa ambiental que se expida para el efecto y para los cuales es necesario un manejo ambiental adecuado y mantener un control y monitoreo periódico.

c) Aquellos que se encuentran determinados en el listado nacional de desechos especiales.

3.21 Disposición final

Es la última de las fases de manejo de los desechos y/o residuos sólidos, en la cual son dispuestos en forma definitiva y sanitaria mediante procesos de aislamiento y confinación de manera definitiva los desechos y/o residuos sólidos no aprovechables o desechos peligrosos y especiales con tratamiento previo, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, daños o riesgos a la salud humana o al ambiente. La disposición final, se la realiza cuando técnicamente se ha descartado todo tipo de tratamiento, tanto dentro como fuera del territorio ecuatoriano.

3.22 Ecosistema

Conjunto natural de componentes físicos y biológicos de un entorno, interrelacionados e interdependientes.

3.23 Ensayo de Lixiviación

Es la extracción bajo condiciones estándares de un líquido representativo de la composición química de un sólido.

3.24 Escorrentía

Caudal superficial de aguas, procedentes de precipitaciones por lo general que corre sobre o cerca de la superficie en un corto periodo de tiempo.

3.25 Erosión

Desagregación, desprendimiento y arrastre de partículas sólidas desde la superficie terrestre por acción del agua, viento, gravedad, hielo, por causas naturales o inducidas por el hombre.

3.26 Fertilizante

Producto de origen químico y/u orgánico que sirve para aportar nutrientes al suelo, a fin de mejorar su productividad.

3.27 Horizonte de suelo

Capa de suelo o de material de suelo aproximadamente paralela a la superficie

del terreno, que es producto de la evolución y que difiere de capas adyacentes genéticamente relacionadas con ella en propiedades y características físicas, químicas y biológicas.

3.28 Límites máximos permisibles

Valores límites de contaminación de suelos determinados para cada parámetro.

3.29 Línea base

Denota el estado de un sistema alterado en un momento en particular, antes de un cambio posterior. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades productivas o humanas.

3.30 Línea de fondo (background)

Denota las condiciones ambientales imperantes, antes de cualquier perturbación. Es decir, significa las condiciones que hubieran predominado en ausencia de actividades antropogénicas, sólo con los procesos naturales en actividad.

3.31 Lixiviado

Líquido que percola a través de los residuos, formado por el agua proveniente de precipitaciones pluviales o escorrentías. El lixiviado puede provenir además de la humedad de los residuos, por reacción o descomposición de los mismos y que arrastra residuos sólidos disueltos o en suspensión y contaminantes que se encuentran en los mismos residuos.

3.32 Mejor Tecnología disponible

Aquella tecnología aportada por el progreso técnico o científico a la que se puede tener acceso en condiciones razonables, tomando en consideración los costos y beneficios.

3.33 Muestra

Porciones representativas de un suelo para definir su calidad ambiental, tomadas de acuerdo a un plan de muestreo.

3.34 Muestra compuesta

Conjunto de varias submuestras representativas de un área de suelo.

3.35 Muestra simple

Material colectado en un solo punto de muestreo.

3.36 Muestreo sistemático

También llamado muestreo regular, se basa en un patrón geométrico específico donde las muestras son tomadas a intervalos regulares a lo largo de ese patrón. Útil para cubrir en forma fácil y uniforme un sitio, de forma que toda la población de muestras está representada en la muestra

3.37 Perfil de suelo

Corte vertical del terreno que permite estudiar al suelo en su conjunto desde su superficie hasta el material subyacente.

3.38 Reciclaje

Proceso mediante el cual, previa una separación y clasificación selectiva de los residuos sólidos, desechos peligrosos y especiales, se los aprovecha, transforma y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como energía o materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas tales como procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

3.39 Recurso suelo

Tierras continentales e Insulares aptas para la agricultura, ganadería, forestación de reservas naturales, áreas protegidas, asentamientos humanos, entre otros.

3.40 Relleno de seguridad

Obra de ingeniería diseñada, construida y operada para confinar en el terreno desechos peligrosos. Consiste en una o varias celdas de disposición final y un

conjunto de elementos de infraestructura para la recepción y acondicionamiento de desechos, así como para el control de ingreso y evaluación de su funcionamiento.

3.41 Relleno sanitario

Es una técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los desechos y/o residuos sólidos; consiste en disponerlos en celdas debidamente acondicionadas para ello y en un área del menor tamaño posible, sin causar perjuicio al ambiente, especialmente por contaminación a cuerpos de agua, suelos, atmósfera y sin causar molestia o peligro a la salud y seguridad pública. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los desechos y/o residuos, reduciendo su volumen al mínimo aplicable, para luego cubrirlos con una capa de tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente y efectuando el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores.

3.42 Remediación

Conjunto de medidas y acciones que forman parte de la reparación integral, tendientes a restaurar afectaciones ambientales producidas por impactos ambientales negativos o daños ambientales, a consecuencia del desarrollo de actividades, obras o proyectos económicos o productivos.

3.43 Restauración (Integral)

Es un derecho de la naturaleza por medio del cual, cuando ésta se ha visto afectada por un impacto ambiental negativo o un daño, debe ser retornada a las condiciones determinadas por la autoridad ambiental que aseguren el restablecimiento de equilibrios, ciclos y funciones naturales. Igualmente implica el retorno a condiciones y calidad de vida dignas, de una persona o grupo de personas, comunidad o pueblo, afectados por un impacto ambiental negativo o un daño.

3.44 Reuso

Acción de aprovechar un desecho, sin previo tratamiento.

3.45 Salinización

Proceso de acumulación de sales solubles en el suelo.

3.46 Submuestra

Alícuota de suelo con características homogéneas que conformarán una muestra compuesta.

3.47 Sorción

Concentración o movimiento de los contaminantes de una fase a otra.

3.48 Suelo

Capa superficial de la corteza terrestre, situada por sobre el sustrato rocoso, integrada por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, que cumple tanto funciones naturales como de uso.

3.49 Suelo Agrícola

Es la capa superficial de la corteza terrestre que sirve de sostén y alimento para las plantas, animales y el hombre, también se conoce como la actividad primaria, la producción de alimentos, usando los suelos para crecimientos de cultivos y producción de ganado. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora nativa.

3.50 Suelo pecuario

Suelo, donde la actividad primaria es la crianza de ganado (vacas, caballos, ovejas, puercos o cabras) y otras especies de animales (abejas, aves y cultivo de peces y crustáceos) que se crían para consumo humano y producción de derivados para la industria.

3.51 Suelo residencial

Suelos, donde la actividad primaria es la ocupación de los suelos para fines residenciales y para actividades de recreación, no se considera dentro de esta

definición las áreas silvestres, tal es el caso de los parques nacionales o provinciales.

3.52 Suelo comercial

Suelos, donde la actividad primaria se relaciona con operaciones comerciales y de servicios, por ejemplo centros comerciales, y su ocupación no es para propósitos residenciales o industriales.

3.53 Suelo industrial

Suelo donde la actividad principal abarca la elaboración, transformación o construcción de productos varios.

3.54 Suelo contaminado

Todo aquel cuyas características físicas, químicas y biológicas naturales, han sido alteradas debido a actividades antropogénicas y representa un riesgo para la salud humana o el ambiente.

3.55 Sustancias químicas peligrosas

Son aquellos elementos compuestos, mezclas, soluciones y/o productos obtenidos de la naturaleza o a través de procesos de transformación físicos y/o químicos, utilizados en actividades industriales, comerciales, de servicios o domésticos, que poseen características de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radioactividad, corrosividad o acción biológica dañina y pueden afectar al ambiente, a la salud de las personas expuestas, o causar daños materiales.

3.56 **TCLP** (Toxicity Characteristic leaching procedure) Metodología de extracción de lixivado en muestras de suelo.

3.57 Textura del suelo

La proporción relativa por tamaños de partículas de arena, limo y arcilla. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. **3.58 Uso industrial del suelo**

El que tiene como propósito esencial servir para el desarrollo de actividades industriales, excluyendo las agrícolas y ganaderas

3.59 Uso residencial del suelo

Aquel que tiene como propósito esencial la construcción de viviendas incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento. **3.60 Uso comercial del suelo**

Aquel que tiene como propósito el desarrollo de las actividades relacionadas con operaciones comerciales y de servicios.

3.61 Uso agrícola del suelo Aquellos que, sin ser urbano ni industrial, sirven para el desarrollo de actividades agrícolas, forestales, ganaderas.

3.62 Valores de línea de base

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de base.

3.63 Valores de fondo

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de fondo.

4 CONTENIDO

Esta norma presenta el siguiente contenido:

1. Normas de aplicación general,
2. Prevención de la contaminación al recurso suelo,
3. De las actividades que degradan la calidad del suelo, a) Suelos contaminados,
4. Criterios de calidad de suelo y criterios de remediación,
5. Muestreo y análisis del suelo
6. Métodos analíticos
7. Remediación de Suelos

4.1 NORMAS DE APLICACION GENERAL

La presente norma se aplica para los siguientes usos del suelo: agrícola, pecuario, forestal, urbano, minero, recreativo, de conservación, industrial y

comercial. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se establecen los siguientes criterios:

Prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales, industriales, comerciales y de servicios, incorporando técnicas apropiadas y procedimientos para su minimización, reuso y reciclaje.

Utilizar sistemas de agricultura que no degraden, contaminen o desequilibren el ecosistema del área geográfica en que se desenvuelven; esto incluye el uso racional y técnico de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

En aquellos suelos que presenten contaminación, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperarlos, restaurarlos o restablecer las condiciones iniciales existentes anteriormente a la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad.

Durante las diferentes etapas del manejo de desechos industriales, comerciales y de servicios, la Autoridad Ambiental Competente vigilará:

- La no existencia de depósito o almacenamiento de desechos peligrosos y especiales en suelos de conservación ecológica o áreas naturales protegidas. - El depósito o almacenamiento de residuos no peligrosos en suelos de conservación ecológica o áreas naturales protegidas.

- El depósito o almacenamiento de desechos industriales, comerciales y de servicios de carácter peligroso en el suelo, este último podrá ser ejecutado siempre y cuando la parte interesada presente los estudios técnicos que demuestren la viabilidad ambiental y obtenga el correspondiente permiso emitido por la Autoridad Ambiental Competente.

4.2 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AL RECURSO SUELO La prevención de la contaminación del recurso suelo se fundamenta en las buenas prácticas de manejo e ingeniería aplicadas a cada uno de los procesos productivos. Se evitará trasladar el problema de contaminación de los recursos agua y aire hacia el recurso suelo o viceversa.

4.2.1 Sobre las actividades generadoras de desechos sólidos no peligrosos Toda actividad productiva que genere desechos sólidos no peligrosos, debe implementar una política de reciclaje o reuso de los mismos. Si el reciclaje o reuso no es viable, los desechos deberán ser dispuestos de manera ambientalmente aceptable. Las industrias y proveedores de servicios deben llevar un registro de los desechos generados, indicando el volumen y sitio de disposición de los mismos. Por ningún motivo se deberá disponer los desechos en áreas no aprobadas para el efecto por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

4.2.2 Sobre las actividades que generen desechos peligrosos y especiales Los desechos peligrosos y especiales que son generados en las diversas actividades industriales, comerciales, agrícolas o de servicio, deben ser devueltos a sus proveedores o entregados a un gestor ambiental calificado por la Autoridad Ambiental Competente, quienes se encargarán de efectuar la disposición final del desecho mediante métodos de eliminación establecidos en las normas técnicas ambientales y regulaciones expedidas para el efecto.

El manejo, almacenamiento, transporte y disposición de residuos peligrosos y especiales, debe ser realizado de acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental correspondiente y a lo dispuesto en el plan de manejo ambiental.

Se debe establecer un protocolo de muestreo del suelo en las zonas de disposición final de desechos peligrosos y especiales, conforme lo establezca la normativa técnica correspondiente y el plan de manejo ambiental respectivo, el cual se debe monitorear al menos una vez al año, para determinar la afectación a la que está siendo sometido el recurso, lo cual se informará en el reporte periódico correspondiente. La Autoridad Ambiental Competente podrá solicitar mayor

número de muestras e incrementar la frecuencia en dependencia de los resultados.

4.2.3 De la disposición de desechos pecuarios

Los desechos pecuarios generados en establecimientos de faenamiento, engorde, o crianza, deben recibir tratamiento técnico adecuado, y evitar de esta forma la contaminación por microorganismos y cambio en sus características naturales. Los desechos pecuarios no deben ser dispuestos en cuerpos hídricos receptores.

Las actividades acuícolas localizadas en tierras altas o en zonas agrícolas, deberán incluir un Plan de Cierre y Abandono del sitio del proyecto a desarrollarse.

4.2.4 De la salinización de suelos

Las organizaciones públicas y privadas que utilicen o aprovechen aguas salinas o salobres deben adoptar las medidas técnicas necesarias a fin de evitar la salinización y cualquier tipo de contaminación o degradación total o parcial de las características o cualidades físicas, químicas o biológicas de las tierras con aptitud agrícola, pecuaria, forestal o de reserva natural.

Las organizaciones localizadas en zonas agrícolas, dedicadas a la producción acuícola, que utilizan aguas con contenido de sales mayores a la salinidad presentes en el suelo, deben adoptar los correctivos necesarios a fin de evitar la intrusión de esta agua en el suelo, y la posterior adsorción de sales en el suelo, o su migración a fuentes de agua subterránea. Para el efecto deberán remitirse a

la Tabla 2 de Remediación de suelo de Uso agrícola.

4.2.5 De la prohibición de descargas, infiltración o inyección de efluentes en el suelo y subsuelo

La Autoridad Ambiental Competente vigilará que no se realice la descarga, infiltración o inyección en el suelo o en el subsuelo de efluentes, tratados o no, que alteren la calidad del recurso. Se exceptúa de esta disposición a las actividades de inyección asociadas a la exploración y explotación de hidrocarburos, las cuales deben adoptar los procedimientos ambientales señalados en la normativa ambiental hidrocarburífera vigente en el país y disposiciones emitidas por la Autoridad Ambiental Competente.

4.3 DE LAS ACTIVIDADES QUE DEGRADAN LA CALIDAD DEL SUELO Las personas naturales o jurídicas públicas o privadas dedicadas a la comercialización, almacenamiento y/o producción de químicos, hidroelectricidad, exploración y explotación hidrocarburífera, minera, florícola, pecuaria, agrícola y otras, tomarán todas las medidas pertinentes a fin de que el uso de su materia prima, insumos y/o descargas provenientes de sus sistemas de producción, comercialización y/o tratamiento, no causen daños físicos, químicos o biológicos a los suelos. Los talleres mecánicos y lubricadoras, así como estaciones de servicio o cualquier otra actividad industrial, comercial o de servicio que dentro de sus operaciones maneje y utilice hidrocarburos o sus derivados, deberá realizar sus actividades en áreas pavimentadas e impermeabilizadas y por ningún motivo deberán verter los residuos aceitosos o disponer sobre el suelo los recipientes, piezas o partes que hayan estado en contacto con estas sustancias y deberán ser eliminados mediante los métodos establecidos en las Normas Técnicas y Reglamentos Ambientales aplicables y vigentes en el país. Los aceites minerales usados y los hidrocarburos desechados serán considerados sustancias peligrosas y nunca podrán ser dispuestos directamente sobre el recurso suelo, tal como lo establece la normativa ambiental vigente.

4.3.1 Suelos contaminados

4.3.1.1 Los causantes y/o responsables por acción u omisión de contaminación al recurso suelo, por derrames, vertidos, fugas, almacenamiento o abandono de materiales peligrosos, deben proceder a la remediación de la zona afectada, considerando para el efecto los criterios de remediación de suelos contaminados que se encuentran en la presente norma.

4.3.1.2 La Autoridad Ambiental Competente debe exigir al causante y/o responsable, la remediación integral y/o restauración del sitio contaminado, y el seguimiento de las acciones de remediación, hasta alcanzar los objetivos o valores establecidos en la presente norma.

4.3.1.3 No serán consideradas como áreas degradadas o contaminadas aquellas en las que sus suelos presenten, por causas naturales y en forma habitual, alto contenido de sales solubles de sodio, de elementos tóxicos para la flora, fauna, ecosistemas y sus interrelaciones, de baja fertilidad química nativa, capa de agua alta o suspendida que anule o disminuya muy notoriamente el crecimiento radicular de las plantas, que requieran riego constante o suplementario, de desmonte o desmalezado.

4.3.1.4 Cuando por cualquier causa se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de residuos o materiales peligrosos de forma accidental sobre el suelo, áreas protegidas o ecosistemas sensibles, se debe aplicar inmediatamente medidas de seguridad y contingencia para limitar la afectación a la menor área posible, y paralelamente poner en conocimiento de los hechos a la Autoridad Ambiental Competente, aviso que debe ser ratificado por escrito dentro de las 24 horas siguientes al día en que ocurrieron los hechos.

El responsable del proyecto, obra o actividad debe presentar un informe sobre el incidente, accidente o siniestro en los términos establecidos por la Autoridad Ambiental Competente y conforme los mecanismos estipulados en el presente Libro, el cual debe contener lo siguiente

- a) Identificación, domicilio, y teléfonos de los propietarios, tenedores, administradores, representantes legales o encargados de los residuos o productos peligrosos de los que se trate;
- b) Localización, coordenadas en sistema WGS84, y características del sitio donde ocurrió el accidente;
- c) Causas que motivaron el derrame, infiltración, descarga o vertido; d) Descripción precisa de las características físico-químicas y de ser posible las biológicas y toxicológicas, así como la cantidad de los residuos o sustancias peligrosas derramadas, infiltrados, descargados o vertidos;
- e) Acciones realizadas para la atención del accidente, particularmente medidas de contención aplicadas;
- f) Se debe analizar los posibles riesgos a la salud humana y al ambiente a causa de la contaminación;
- g) Medidas adoptadas para la limpieza y remediación integral de la zona afectada; h) En el caso que la Autoridad Ambiental Competente lo requiera, solicitará una evaluación ambiental y valoración económica del daño de acuerdo a los lineamientos establecidos en la normativa ambiental vigente.

4.3.1.5 Cuando la Autoridad Ambiental Competente determine que un suelo se encuentre contaminado, la persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera responsable de la contaminación, adoptará los siguientes procedimientos de informe, el cual será entregado en el término que la Autoridad Ambiental Competente determine y conforme los mecanismos estipulados en el presente Libro:

1.- Caracterización del área de influencia directa

- a) Ubicación Geográfica del sitio
- b) Ubicación respecto a zonas aledañas de interés
- c) Condiciones locales de la zona:
- d) Precipitación y/ o riego (frecuencia de la precipitación y riego así como su cantidad)
- e) Nivel freático de la zona
- f) Escorrentía
- g) Ubicación de cuerpos de agua aledaños, pozos para explotación de agua (en uso, clausurados, en proyecto)
- h) Condiciones climáticas y dirección del viento
- i) Caracterización del suelo:
- j) Uso del suelo: residencial, comercial, industrial y agrícola
 - Morfología
 - Vegetación presente
 - Textura
 - Permeabilidad
 - Composición química, física y biológica del suelo.
 - Perfiles estratigráficos del área en estudio.

2.- Determinación del origen de la contaminación:

- a) Características de la actividad que da origen a la contaminación: - Exploración o explotación del recurso.