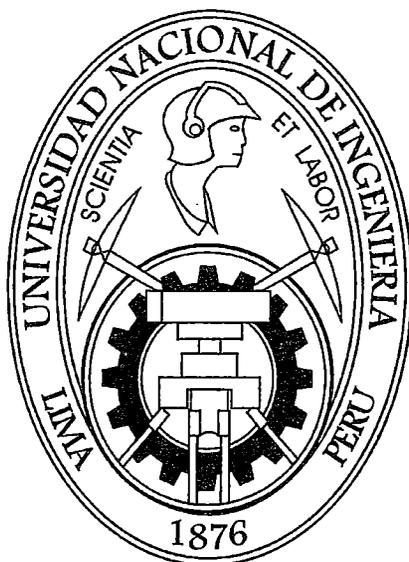


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
SECCION DE POSGRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACION



“Utilización de especies nativas del bosque seco para la recuperación del paisaje en el proceso de cierre del botadero a cielo abierto del distrito Las Lomas – Piura”

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCIÓN EN:

GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Bárbara Elizabeth Montoro Negrón

LIMA, PERÚ
2011

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

Dedicatoria

A Miguel Muñoz Li, esposo, amigo, compañero y guía

Agradecimientos:

Quiero expresar mi profunda gratitud a mi Directora de Tesis Mag. Ing. Gladys Monge Talavera, por su incondicional apoyo, conocimientos, experiencia y guía en el camino a la recuperación del ambiente en un área poco desarrollada como es la disposición final de los residuos sólidos.

A la Asociación Benéfica PRISMA por la inapreciable posibilidad de realizar mi investigación sobre sus trabajos en la recuperación de la salud ambiental en el distrito de las Lomas, la AB PRISMA estuvo representada por el Ing. Carlos Aguilar en Lima, a los ingenieros Jorge Flores, Pedro Pingo y Nelson Aguilar en Piura; al Ing. Agro. Mario Matorel por sus valiosos conocimientos sobre la vegetación del bosque seco piurano.

En la Facultad de Ingeniería Ambiental debo un reconocimiento especial al Dr. Alejandro Mendoza por su apoyo y simpatía a mi visión paisajista aplicada a la Gestión Ambiental, al MSc. Ing. Pedro Valdivia y a mis maestros que permitieron comprender la urgencia de actuar en el Medioambiente con creatividad utilizando la Megadiversidad como un recurso poderoso y saludable.

Quiero mencionar a la Arq. Paisajista Maite Cervantes por sus aportes a la visión paisajista final del área clausurada y agradecer a todas aquellas personas que me tuvieron la suficiente paciencia en mis andanzas para interpretar este particular paisaje y ecosistema peruano.

Agradezco también al INIFUA Instituto de Investigación de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes, representado por la Sra. Mag. Arq. Patricia Caldas y al IGI Instituto General de Investigación de la UNI representado por el Sr. Ing. Emerson Collado, por el apoyo financiero brindado a esta investigación.

Y a todas aquellas personas que hicieron posible con sus habilidades tecnológicas el mostrar el futuro del Bosque Seco restaurado.

Utilización de especies nativas del bosque seco para la recuperación del paisaje en el proceso de cierre del botadero a cielo abierto del distrito Las Lomas – Piura

Resumen

La presente investigación estudia la fragmentación del paisaje del distrito de Las Lomas en Piura, afectado por la existencia de un botadero a cielo abierto, y la posible restauración del paisaje durante el proceso de clausura. Para lo cual se estudiaron las especies vegetales nativas del bosque seco piurano seleccionando las más resistentes y útiles en el proceso de recuperación, las mismas que fueron colocadas paisajísticamente sobre la cobertura final. Este proceso denominado fito-remediación ayudará a que las raíces de árboles y arbustos estabilicen el área clausurada, degraden los residuos y absorban los lixiviados. Una correcta colocación y posterior crecimiento de la vegetación recuperará el paisaje, ayudará al retorno de la fauna desplazada y permitirá que se acelere este proceso regenerador para el bienestar de la población vecina.

El distrito de Las Lomas, está ubicado a dos horas de la ciudad de Piura y forma parte del ecosistema de “Bosque Seco muy ralo de lomadas y colinas” (INRENA)^[6] propio del norte del Perú, zona que está en vía de cambio y extinción del hábitat natural por el avance de la agricultura, urbanización incipiente y la extracción de leña.

Como experiencia esta investigación es única en el Perú y aportará al proyecto “Implementación del sistema de manejo integral de residuos sólidos urbanos en el distrito de Las Lomas”. Este proyecto fue ejecutado por la municipalidad distrital las Lomas con apoyo de la Asociación Benéfica PRISMA. Las características de esta experiencia son particulares porque debido a la falta de presupuesto el cierre del botadero de Las Lomas no siguió las pautas técnicas estándares, por lo que se experimentaron las deficiencias y carencias propias de nuestra realidad y obligó a ser creativa para superarlas con éxito. La vegetación está creciendo y la población está optimista y apoya la recuperación de esta zona.

Palabras clave: botaderos a cielo abierto, paisaje fragmentado, fitorremediación.

INDICE	pg
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I MARCO TEÓRICO.....	4
Introducción	
1.1. ECOLOGÍA DEL PAISAJE - ASPECTOS TEÓRICOS Y TÉCNICOS DE LA PLANIFICACIÓN PAISAJISTA ORIENTADOS A LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE.....	6
Introducción	
1.1.1. Ecología del Paisaje	
1.1.2. Paisaje	
Elementos del paisaje	
Formaciones vegetales	
Caracterización de los paisajes	
1.1.3. El Geosistema	
El mosaico del paisaje	
1.1.4. La Fragmentación del Paisaje	
Los paisajes fragmentados: estructura y grados de alteración	
¿Que detecta la fragmentación?	
Diseño de las redes de conservación	
La conectividad	
Los corredores lineales	
1.2. EVALUACIÓN PAISAJISTA.....	19
1.2.1. Técnicas y herramientas de análisis paisajista	
La Cartografía, una herramienta de análisis del paisaje	
Mapas de diagnóstico	
1.3. RESTAURACIÓN ECO-PAISAJISTA.....	21
1.3.1. Restauración de Áreas Fragmentadas	
1.3.2. Morfología del botadero y su diseño paisajista	
Planteamiento de las unidades paisajísticas	
Bordes del área intervenida	
Morfología del botadero	

1.4. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PARA ECOSISTEMAS Y EL PAISAJE.....	23
1.4.1. Legislación ambiental sobre conservación de ecosistemas	
Aspectos legales para la preservación de los Bosques secos en la Región, Áreas Naturales Protegidas ANP y zonas de amortiguamiento	
1.4.2. Legislación ambiental para la restauración de paisajes degradados	
1.4.3. Aspectos legales para la disposición final y recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos	
Ley General de Residuos Sólidos N°27314	
Reglamento de la Ley General D.L. N°1065	
1.4.4. Disposiciones Locales	
1.4.5. Competencias institucionales	
1.5. LOS BOTADEROS A CIELO ABIERTO.....	29
Introducción	
1.5.1. Impacto ambiental en la etapa de funcionamiento	
1.5.2. Impacto ambiental en la etapa de cierre o clausura	
1.6. RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE UN BOTADERO.....	30
1.6.1. Medidas de mitigación durante el proceso de cierre	
1.6.2. Cobertura final	
1.6.3. Cobertura final con materiales naturales	
Capa de regulación	
Capa drenante de gases	
Capa de impermeabilización	
Capa de drenaje de aguas de lluvia	
Capa externa	
Capa vegetal final	
1.6.4. Drenaje superficial	
1.6.5. Control de gases generados	
1.6.6. Control de lixiviados	
1.6.7. Técnicas de remediación, rehabilitación y biorremediación de los contaminantes orgánicos en el suelo de un botadero.	
Biorremediación	
Biolabranza	
Fitorremediación	
La Atenuación natural	
El compostaje	

1.7. RECUPERACIÓN DE BOTADEROS CON VEGETACIÓN, EXPERIENCIAS Y TÉCNICAS.....	47
1.7.1. Utilización de Vegetación nativa	
Fitorremediación	
Vegetación de especies pioneras	
Pastos apropiados	
1.7.2. Mortalidad de la vegetación	
1.7.3. Requerimientos para instalar la vegetación	
Suelo conveniente	
1.7.4. Instalación de la vegetación	
Criterios de selección	
Sembrado y Protección de árboles	
1.7.5. Sistema de Riego	
Riego por goteo	
Micro-reservorios	
Conclusiones	
CAPITULO II OBJETIVOS	59
2.1. OBJETIVO GENERAL	
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
CAPITULO III EL PAISAJE DE PIURA	60
3.1. EL BOSQUE SECO MUY RALO DE LOMAS Y COLINAS.....	60
3.1.1. El Geosistema	
Zonas de Vida, Bosque Seco Ecuatorial	
3.1.2. El ENSO	
El Fenómeno del Niño	
El Fenómeno de la Niña	
Duración y frecuencia con que aparece el fenómeno de La Niña	
El fenómeno del Niño y de la Niña en el Bosque Seco	
3.1.3. El Suelo	
3.1.4. Vegetación del Bosque Seco	
Las poblaciones vegetales	
Especies dominantes	
Relación suelo-vegetación	
Especies endémicas y/o en peligro de extinción	
3.1.5. Fauna de bosque seco	

Relación de la vegetación, las zonas de alimentación y reproducción

3.2. EL PAISAJE DEL BOSQUE SECO MUY RALO DE LOMADAS Y COLINAS.....	76
3.3. EL DISTRITO DE LAS LOMAS.....	78
3.3.1 Localización	
3.3.2. Breve historia	
3.3.3. Población	
3.3.4. El Geosistema de las Lomas	
Geología, Topografía y pendientes	
Edafología	
Hidrografía	
Climatología	
3.4. EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO LAS LOMAS.....	83
3.4.1. Localización y área	
3.4.2. Gestión del Botadero	
3.4.3. Legislación local	
3.4.4. El Geosistema	
Geología	
El Suelo	
3.4.5. Diagnóstico ambiental	
Impacto del Botadero en su etapa de funcionamiento	
Generación y caracterización de los residuos del botadero a cielo abierto Las Lomas	
Impacto del Botadero en su etapa de cierre o clausura	
3.5. DIAGNÓSTICO DEL PAISAJE DEL BOTADERO LAS LOMAS.....	90
3.5.1. Cuenca visual del paisaje de la zona del botadero	
3.5.2. Especies vegetales para la recuperación Ecológica y paisajista	
Vegetación nativa ubicada en el área del botadero	
3.5.3. Especies seleccionadas para la restauración de la zona de clausura del Botadero Las Lomas	

Conclusiones

CAPITULO IV RESTAURACIÓN DEL PAISAJE.....	106
Introducción	
4.1. PAISAJE Y SU FRAGMENTACIÓN EN LA ZONA DEL CIERRE DEL BOTADERO LAS LOMAS.....	107
4.1.1. Descripción y objetivos	
4.1.2. Alcances y limitaciones	
4.1.3. Materiales y Métodos	
4.1.4. Toma de datos	
4.2. RESTAURACIÓN DEL PAISAJE EN LA ZONA CLAUSURADA DEL BOTADERO LAS LOMAS.....	118
4.2.1. Obtención de la Unidad Paisajista Matriz (UPM)	
4.2.2. Fragmentación del Paisaje	
Conclusiones sobre la Unidad Paisajista Macro	
4.3. MORFOLOGÍA FINAL DEL BOTADERO CLAUSURADO Y SU PAISAJE.....	125
Introducción	
4.3.1. Distribución espacial de la vegetación	
4.3.2. Recuperación del ecosistema e intervención paisajista	
4.3.3. Diseño y distribución de la vegetación	
4.3.4. Utilización de recursos del botadero	
4.3.5. Organización del sistema mantenimiento y riego	
Conclusiones	
CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	139
5.1. RESULTADOS.....	139
5.2. DISCUSIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL PAISAJE.....	143
CAPITULO VI CONCLUSIONES.....	148
6.1. DEL PAISAJE Y LA CLAUSURA DEL BOTADERO.....	148
6.2. DE LA GESTIÓN AMBIENTAL.....	149
6.3. DE LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE DE LAS LOMAS.....	151
CAPITULO VII RECOMENDACIONES.....	153
7.1. PARA LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE.....	153
7.2. PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL.....	156

CAPITULO VIII FUENTES DE INFORMACIÓN.....	158
8.1. ÍNDICE DE CUADROS FIGURAS Y TABLAS.....	158
8.2. APÉNDICES.....	163
8.2.1. Registro de especies herbáceas en el entorno del Botadero Municipal del distrito Las Lomas – Piura	
8.2.2. Registro de especies arbustivas en el entorno del Botadero Municipal del distrito Las Lomas – Piura	
8.2.3. Registro de especies arbóreas, en el entorno del Botadero Municipal del distrito Las Lomas – Piura	
8.2.4. A.B. PRISMA Constancia de participación	
8.2.5. A.B. PRISMA Cambio de plazos de la clausura del botadero	
8.3. ANEXOS.....	169
8.3.1 Anexo 1 Catastro Botaderos Existentes en las Provincias de Lima Callao Cañete Huarochiri y Huaura.	
8.3.2. Anexo 2 Ordenanza municipal pg1.	
8.3.3. Anexo 3 Ordenanza municipal pg2.	
8.3.4. Anexo 4 Estudio Geotécnico y de Mecánica de Suelos para Clausura del Botadero.	
8.3.5. Anexo 5 Fotografía aérea SAN 1990.	
8.3.6. Anexo 6 Mapa Las Lomas, Instituto Geográfico Nacional IGN escala 1/100,000 fracción del mapa 10-c	
8.4. REFERENCIAS.....	174
8.5. ANEXOS ELECTRÓNICOS (en CD adjunto)	
Anexo electrónico 1 Marco Lógico del Proyecto de “Implementación del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Municipalidad de Las Lomas”.	
Anexo electrónico 2 Ensayos de Capacidad portante y presión de trabajo	
Anexo electrónico 3 Ensayos de Humedad natural.	
Anexo electrónico 4 Ensayos de Análisis Granulométrico por Tamizado.	
Anexo electrónico 5 Ensayos de Corte Directo.	
Anexo electrónico 6 Ensayos de Límites de Atterberg.	
Anexo electrónico 7 Ensayos de Prueba de Compactación.	
Anexo electrónico 8 Fotos de las Pruebas de campo, Ing. Llanos.	
Anexo electrónico 9 Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos diciembre 2009.	
Anexo electrónico 10 Levantamiento topográfico del Botadero Las Lomas, Ing. Pedro Pingo junio 2010.	

Utilización de especies nativas del bosque seco para la recuperación del paisaje en el proceso de cierre del botadero a cielo abierto del distrito Las Lomas – Piura

INTRODUCCIÓN

La Gestión Ambiental se constituye en un proceso constante de reducción del impacto ambiental sobre los ecosistemas y el hábitat del hombre, tratando de corregir las actividades antrópicas que provocan la degradación del entorno, restaurando los espacios degradados y potenciando los recursos ambientales. La disposición final de residuos sin un tratamiento ó tecnología apropiada contamina y degrada el entorno, es decir, al contexto que lo contiene: el paisaje, es el basural ó botadero a cielo abierto el más contaminante y perjudicial en todo sentido.

En el Perú se procesan 17,200 toneladas diarias de residuos diarios ^[58], los 9 rellenos sanitarios existentes son insuficientes. La cobertura de servicios es muy baja, se recolecta alrededor del 70% del total generado, aproximadamente el 25% de los residuos tiene una forma apropiada de disposición final. Por lo que el problema más grave son los botaderos a cielo abierto, los controlados y los no controlados, porque en ellos se constituyen el 66% de la disposición final. A pesar de ello, no existe presupuesto asignado al Ministerio del Ambiente MINAM para proyectos destinados al tratamiento o cierre de los botaderos a nivel nacional, es un problema que crece a medida que se desarrollan física y económicamente las ciudades.

Por otro lado, la localización habitual de los botaderos cielo abierto está en terrenos al borde de los ríos ó en áreas desérticas, no muy lejos de los centros poblados, el volumen de los residuos, en continuo crecimiento, van afectando el ecosistema, ocasionando cambios en los patrones de vida animales y vegetales, así como la aparición y proliferación de vectores hasta entonces relativamente auto-controlados. Los montículos de basura modifican antiestéticamente el paisaje, sin perspectivas de un aprovechamiento futuro de las áreas que dejarán cuando se cierren los botaderos.

Ante esta situación de falta de recursos, el creciente aumento de los botaderos y dado que nuestro país es una fuente de Megadiversidad en flora y fauna, es

interesante el utilizar la biodiversidad vegetal nativa para tratar de resolver a bajo costo la restauración del ecosistema y su paisaje que hayan sido degradados por este uso.

Es en ese sentido que este proyecto investiga la fragmentación del paisaje del área que contiene la ciudad de Las Lomas en Piura y la posibilidad de restaurar su paisaje utilizando especies vegetales nativas que existan y crezcan en los alrededores del botadero de Las Lomas y si es el caso, el poder utilizarlas sobre la cobertura final de cierre. Se espera que las raíces de árboles y arbustos al crecer, estabilicen la superficie cubierta y ayuden en la degradación final de los residuos y de los lixiviados.

El distrito de Las Lomas, está ubicado a dos horas de la ciudad de Piura y forma parte del ecosistema “Bosque Seco muy ralo de lomadas y colinas”, propio del norte del Perú, zona que está actualmente en vía de extinción por el avance de la agricultura y la extracción de leña; este ecosistema ha sido incluido recientemente en la lista de “puntos calientes” o *hotspots* del mundo, junto con los bosques del Chocó colombiano-ecuatoriano y los bosques secos ecuatorianos, conformando el “Tumbes-Chocó-Magdalena Hotspot” [77]

Esta experiencia formará parte del proyecto “Implementación del sistema de manejo integral de residuos sólidos urbanos en el distrito de Las Lomas”, donde se considera la clausura del botadero Las Lomas según convenio firmado entre el Fondo Contravalor Perú-Alemania con la Municipalidad de este distrito. El proyecto fue ejecutado por la municipalidad distrital las Lomas con apoyo de la Asociación Benéfica PRISMA. Las características de esta experiencia son particulares porque debido a un presupuesto limitado, el cierre del botadero de Las Lomas no siguió las pautas técnicas estándares, es decir, no se impermeabilizó el suelo ni se colocaron coberturas de geotextiles sobre los desechos, únicamente se cubrió con la tierra extraída de la excavación de un nuevo relleno sanitario. Es en este contexto que la experiencia trató de encontrar nuevas formas de recuperación ambiental de la disposición final a un bajo costo.

Servirá de base teórica de la investigación las propuestas de la Ecología del Paisaje para el análisis del ecosistema de bosque seco y su fragmentación; y en el caso de cierre de vertederos con utilización de vegetación nativa se recurrió a experiencias similares de investigadores de Chile y Ecuador; además de documentos botánicos referidos a la flora de Piura.

Utilización de especies nativas del bosque seco para la recuperación del paisaje en el proceso de cierre del botadero a cielo abierto del distrito Las Lomas – Piura

CAPITULO I MARCO TEÓRICO

Introducción

El saneamiento ambiental de un ecosistema afectado por actividades humanas requiere de disciplinas integrales como la Ecología del Paisaje y de la disposición final de residuos sólidos que utilice la biodiversidad como técnica de remediación. La Ecología del Paisaje es un término que se acuña de la unión de dos disciplinas, la ecología y la geografía, relacionadas por el biogeógrafo alemán Carl Troll ^[27] quien lo utiliza por primera vez para unir estructuras espaciales y procesos ecológicos con el fin de sintetizar fenómenos complejos.

La presente investigación se localiza en el ecosistema de bosque seco del distrito Las Lomas, este ecosistema es frágil, su equilibrio y preservación depende del ciclo climático del Fenómeno del Niño ó ENSO. Hace varios años el bosque seco viene siendo afectado por la eliminación del Algarrobo *Prosopis pallida* para su uso doméstico como leña, por las actividades agrícolas, por la expansión de las áreas urbanas y por la contaminación de botaderos a cielo abierto. Estas acciones han dado lugar a la fragmentación del ecosistema y de su paisaje.

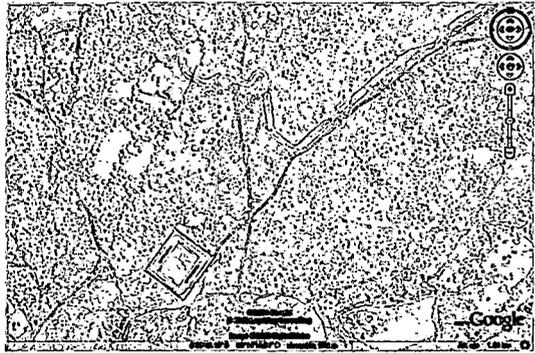


Figura1: Botadero Las Lomas, foto satelital Google modificada a blanco y negro ^[67]

Un botadero de basura a cielo abierto ó basural, es el sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno, este lugar suele funcionar sin criterio técnico en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, entre otros.



Figura 2: EIA Plan de clausura o saneamiento del relleno sanitario de Santo Domingo ^[52]

Allí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, las quemadas, los humos, el polvo y los olores nauseabundos.

Los botaderos utilizan espacios naturales abandonados, posteriores a las ciudades, relativamente alejados de la zona habitada, pero accesibles a ésta por vías carrozables, con el fin de eliminar los desechos con un bajo costo de desplazamiento.

Se ha confiado la degradación de los residuos a la Naturaleza a la erosión natural, a la lluvia, al río ó dejando que pequeños mamíferos, las aves, roedores o los insectos hagan la tarea de eliminar los residuos orgánicos y la carroña; esta costumbre no tiene gran impacto para la salud de la población mientras la cantidad vertida sea reducida; pero se convierte en altamente contaminante cuando se incrementan y/o se diversifican los desechos, incorporándose residuos industriales no biodegradables y residuos peligrosos.

Por su localización, los botaderos afectan el paisaje y degradan el ecosistema natural; la segregación de subproductos de la basura promueve la proliferación de negocios relacionados con la reventa de materiales y el comercio ilegal; ello ocasiona la depreciación de las áreas, genera suciedad, incremento de contaminantes atmosféricos y falta de seguridad por el tipo de personas que concurren a estos sitios. Los botaderos de basura a cielo abierto son también hábitat de animales domésticos como perros, vacas, cabras, cerdos, y de fauna nociva al ser humano como gallinazos, palomas, garzas, insectos, entre otros animales que representan un peligro para la salud y la seguridad de los pobladores de la zona.

La presente investigación comprenderá la caracterización del paisaje de bosque seco, haciendo uso de las herramientas de la Ecología del Paisaje, se determinará el grado de fragmentación de un área, la afectación al paisaje por el área contaminada y las acciones para la remediación final posterior al cierre del botadero. Se incide en una visión holística del hecho, donde la identificación de la fragmentación espacial del paisaje constituye la primera etapa y tiene por objetivo evaluar la afectación al paisaje natural del bosque seco, levantando además información sobre los árboles y arbustos de la zona. La siguiente etapa es estimar el área afectada por el botadero, sus límites, la fragmentación a modo de unidades paisajistas en micro escala, para pasar al siguiente conjunto de acciones de recuperación del ecosistema y/o la minimización o mitigación de riesgos para el ambiente o la salud humana con la instalación de vegetación nativa en las proporciones adecuadas.

1.1. ECOLOGÍA DEL PAISAJE - ASPECTOS TEÓRICOS Y TÉCNICOS DE LA PLANIFICACIÓN PAISAJISTA ORIENTADOS A LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE

Introducción

La Restauración del Paisaje ^{[22][18][23]} es una de las tres posiciones que considera la Restauración Ecológica para la recuperación de un ecosistema. La primera es una posición extrema que considera la restauración como un retorno a las condiciones naturales existentes de cada región, logrando la diversidad biológica inicial. Es un criterio que puede ser aplicado a las Reservas Naturales.

En la segunda visión trata de recuperar las principales funciones ambientales del ecosistema original, que permitan mantener la estabilidad en la fertilidad, la conservación del suelo y del ciclo hidrológico, y así recuperar la diversidad perdida.

La restauración del paisaje, es la tercera visión que busca desarrollar un paisaje atractivo y saludable para reemplazar a otro que se haya perdido por efecto de algún tipo de intervención natural o antrópica. Se tiene en cuenta los niveles de destrucción de la cubierta vegetal, del suelo fértil y de la capacidad de regeneración de la vegetación nativa, estado que se constituye en el punto de inicio y orientarán las características biológicas de las especies a ser utilizadas.

Lugares con un nivel de deterioro relativamente leve podrían conservar los mecanismos naturales de regeneración o cicatrización como la presencia de un banco edáfico de semillas y estructuras vegetales vivas, lluvia de semillas y un suelo aún fértil. Un nivel de deterioro mayor podría requerir de manipulaciones que incluyen el mejoramiento ambiental del sitio mediante el uso de especies de plantas mejoradoras de las cualidades del suelo y del microclima, combinadas con la reactivación de la lluvia de semillas procedentes de zonas conservadas cercanas a través de medios biológicos, es este el caso a investigar.

La restauración del paisaje se inicia con la aplicación de herramientas de análisis para medir el grado de deterioro sufrido y la forma de restituir el paisaje inicial, estas herramientas se encuentran en la disciplina de la Ecología del Paisaje. ^{[12][13]}

1.1.1. Ecología del Paisaje

La Ecología del Paisaje estudia el desarrollo y dinámica de la heterogeneidad espacial, las interacciones espaciales, temporales y los intercambios entre los paisajes heterogéneos. Es un campo de estudios integrales que junta la teoría ecológica con las aplicaciones prácticas, toma en cuenta el intercambio de materiales bióticos y abióticos e investiga las acciones humanas como respuesta a las influencias recíprocas en los procesos ecológicos.

Así la ecología del paisaje es una ciencia de síntesis para el estudio de los ecosistemas con una perspectiva geográfica. Ella se fundamenta en los principios formulados por la teoría general de sistemas, la cual establece que “el todo es más que la suma de las partes”, es decir que la realidad de un paisaje determinado debe concebirse y estudiarse de forma integral, y no a partir de la sumatoria de sus elementos o factores constitutivos ^[13].

El biogeógrafo alemán Carl Troll ^[27], luego de utilizar fotografías aéreas para el estudio de comunidades vegetales observó que todos los métodos de las ciencias naturales estaban contenidos en el área de ciencia del paisaje. Fue el primero en utilizar el concepto de “Ecología del Paisaje” ^[15]

“La Ecología del paisaje es el estudio de toda la compleja red de causas y efectos entre las comunidades vivas y las condiciones ambientales que prevalecen en determinada sección del paisaje” ^[15]

Definición que expresada de manera más pragmática la dan Forman & Godron:

“La ecología del paisaje abarca como objeto de estudio, la identificación de los patrones de heterogeneidad espacial, su caracterización y los cambios a través del tiempo” ^[18]

Estos patrones están intrínsecamente vinculados con los procesos abióticos o bióticos, a nivel de la disposición espacial de poblaciones, comunidades y ecosistemas, es decir, mosaicos ó teselas territoriales que constituyen una gran composición producto de los procesos ecológicos de estas regiones.

Forman precisa ^[18]:

“La Ecología del Paisaje es el estudio de las interacciones entre los aspectos temporales y espaciales del paisaje y sus componentes de flora, fauna y culturales”.

1.1.2. Paisaje

Naveh ^[24] describe un paisaje como una entidad física, ecológica y geográfica donde ocurren patrones y procesos causados natural y antrópicamente, a lo largo de una escala temporal y espacial; bajo este enfoque, que considera la acción humana como fuerza transformadora del entorno. La escuela norteamericana define paisaje como “un área heterogénea compuesta de un cúmulo de ecosistemas que interactúan entre sí y se repite en el espacio”

Wiens ^[13] considera el Paisaje como:

“Una porción de territorio de varios kilómetros cuadrados que contiene un mosaico de diversos tipos de parches (manchas ó cúmulos de tipos de ecosistemas),...para estudiar la interacción entre sociedad y naturaleza, ya que el ser humano percibe la naturaleza e interviene sobre ésta a escala de paisaje”.

Este enfoque antropocéntrico, está asociado a la planificación territorial y considera la ecología del paisaje como una ciencia aplicada que contribuye al manejo de paisajes, al ordenamiento territorial, al estudio de la relación entre el ser humano y de los paisajes que hace Naveh, ^[24]. En que las áreas de disposición final de residuos siempre tendrán un efecto inmediato en la destrucción de los paisajes.

Por lo expuesto, para enfrentar la restauración de un paisaje es requisito comprender la configuración física de un paisaje (su heterogeneidad) y los procesos dados a las diferentes escalas de actuación, pues los paisajes responden a cambios naturales continuos.

Elementos del Paisaje

Los elementos que constituyen el Paisaje son naturales y antrópicos ^[15]; para efectos de esta investigación los elementos o variables naturales involucradas son la topografía, geología, superficies de agua y clima, el tipo de suelo y la vegetación existente, estos elementos se organizan entre sí y esta organización es la que determina su estructura y dinámica.

Formaciones vegetales

Dentro de los elementos naturales, lo que define el paisaje desde el punto de vista paisajístico son las formaciones vegetales, que se manifiestan como comunidades vegetales de orden superior con una fisionomía homogénea.

El concepto de formación se refiere a comunidades vegetales propias de un amplio territorio, como el caso del bosque seco ecuatorial ^[2], delimitado en primer lugar por la fisionomía, resultante de la organización espacial conferida por las formas vitales de las plantas predominantes y al estado maduro de la vegetación.

Caracterización de los paisajes

La ecología del paisaje investiga la conectividad del paisaje –entre los parches y corredores- y determina la movilidad de flora y fauna dentro de la Matriz.

1.1.3.El Geosistema

El geosistema es un modelo conceptual definido por el geógrafo soviético Sochava en 1953 citado por De Bolos ^[65], éste es un sistema abierto que se compone de elementos de interconexión con entradas de energía y de materia. En el geosistema los elementos aparecen constituidos a su vez por subsistemas, que son sistemas más simples o de inferior rango. Los primeros subsistemas que podemos considerar como elementos del geosistema son los constituidos por el conjunto biótico (litomasa, aeromasa, hidromasa) y el formado por los elementos vivos (biomasa) que corresponden al ecosistema. Entre los subsistemas se forman interfases, la más importante son las del suelo, que actúa como la interfase de los subsistemas abiótico y biótico. Las relaciones que se dan entre el subsistema abiótico y biótico se encuentran, a pesar de su gran complejidad, dentro de un marco que permite precisarlas de forma relativamente fácil y visual, pues responden a relaciones de causalidad dentro del campo de la física y de la bioquímica.

Es en ese sentido que el fitoecólogo Long ^[8] definió las bases de un diagnóstico ecológico del territorio, presentando la vegetación como un bien integrador de las condiciones del medio, su estudio y cartografía permite conocer los factores físicos y las potencialidades del territorio; al estudiar la vegetación en su conjunto ésta aparenta homogeneidad estructural, sin embargo, se reconoce una

heterogeneidad funcional. La vegetación en tamaño y forma contribuye a la definición de zonas especializadas en el territorio. Estas comunidades vegetales y su adaptación al clima, precipitaciones, cercanía a fuentes de agua, y relación entre ellas conforman a su vez sub conjuntos de composiciones altamente especializadas más o menos homogéneas entre sí.

La temperatura y la precipitación influyen sobre la producción primaria, temperaturas cálidas demandan una gran cantidad de agua, si la disponibilidad de agua es baja, la producción será reducida, esta relación se refleja en la medida de la evapotranspiración que a su vez refleja tanto la demanda como la disponibilidad de agua del ecosistema.

El mosaico del Paisaje

El estudio de la estructura del Geosistema permite identificar los patrones espaciales de los cuales emerge la heterogeneidad del paisaje. La heterogeneidad espacial ha sido un tema central en el desarrollo de la ecología del paisaje, junto con el problema de la escala y los cambios en los patrones espaciales. La estructura del mosaico del paisaje terrestre se define de acuerdo a estos tres tipos de elementos:

1. la Matriz del paisaje o Trama
2. las Manchas ó Parches del paisaje
3. los Corredores y las Redes

La Matriz es el área extensa con tipos de vegetación o áreas similares, está formada por ecosistemas bastante similares en unión y origen. Es el elemento del paisaje mas conectado, forma el fondo del patrón, juega un rol dominante en el funcionamiento del paisaje y su grado de fragmentación determina la conectividad del paisaje.

El Parche es un área relativamente homogénea que difiere de la matriz circundante y puede denominarse de alta ó baja calidad, dependiendo del tipo de vegetación que contenga.

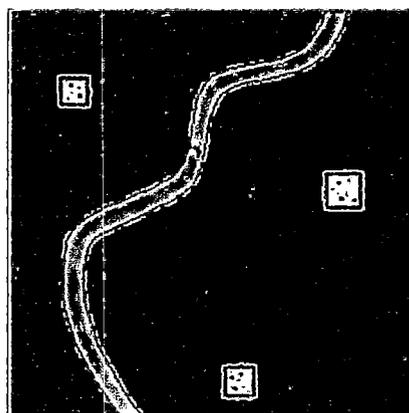


Figura 3: Matriz, parches y corredores Forman & Godron, 2002 [16]

Los parches son los fragmentos o teselas con límites reconocidos en donde se distinguen procesos ecológicos relacionados con su tamaño y la diversidad de hábitat que puede contener. Tamaño, forma y borde determinan el rol del parche dentro del mosaico.

La forma de los parches está definida por sus características, la que puede ser manipulada por el paisajista para cumplir una función u objetivo ecológico.

1. Los parches grandes pueden funcionar como una cobertura natural
2. Los parches más pequeños aportan diversidad a la estructura
3. En el interior de los parches generalmente se distingue una actividad dominante.

Bordes, son los límites distinguibles de dos parches, un borde está definido como una porción exterior de un parche donde el medioambiente difiere significativamente del interior del parche, frecuentemente borde e interior se ven y sienten a simple vista diferentes.

Como el ser humano continúa su expansión sobre los ambientes naturales, los bordes creados serán un área crítica de la interacción entre las áreas humanas y el hábitat natural.



Figura 4: Bordes entre parches Forman y Godron 2002^[16]

1. Un ancho menor del borde favorece los flujos a lo largo del borde, mientras que un borde mayor favorece los flujos a través del borde.
2. La diversidad estructural favorece el desarrollo de distinto tipo de actividades.
3. Un borde recto funciona como un corredor.

Los corredores o redes se distinguen por su mayor largo en relación con el ancho, estos elementos atraviesan el paisaje y se diferencian en su recorrido con los elementos adyacentes.

1. Los corredores pueden ser elementos naturales, el curso de ríos y arroyos, los corredores antrópicos son por ejemplo las vías de comunicación.
2. Su rol en el mosaico del paisaje es incrementar la conectividad del mismo facilitando los flujos de energía.
3. Los corredores poseen un alto valor para la recreación (caminatas, bicicleta, trekking, etc.)
4. Actúan como conectores entre parches y paisajes separados.

El modelo matriz-mancha-corredor controla fuertemente todos los movimientos, flujos y cambios de los sistemas naturales y en consecuencia del Paisaje.

El ecotono planteado por Robert Smith ^[8] caracteriza la transición entre los bordes, cuando hay un cambio de dominancia de las especies o la colonización de las más adaptables.

La planificación del Paisaje está relacionada con el ordenamiento de parches, corredores y matrices determina los flujos y movimientos a través del paisaje.

1.1.4. La Fragmentación del Paisaje

La matriz tiene una influencia profunda en el fluir del paisaje, cuando la matriz está intacta, los materiales ecológicos y los procesos fluyen sin impedimentos, pero si la matriz está excesivamente fragmentada por caminos, edificios, haciendas y otras construcciones, la integridad del ecosistema puede ser severamente afectada.

La fragmentación del paisaje es un proceso que se refleja en la disminución del hábitat natural por efectos de la ruptura de la superficie total (matriz) en islotes (parches), casi siempre debido a la actividad humana, siendo el hábitat el conjunto de parches que un organismo puede habitar ^[18]

La fragmentación sucede cuando:

1. Aumenta el número de parches
2. Disminuye el tamaño medio de los parches
3. Cambia la forma de los parches (efecto borde)
4. Aumenta el aislamiento de los parches

En los grandes bosques, la fragmentación conduce a la pérdida de especies, ya que un bosque único abriga mas especies que la misma superficie repartida en pequeños bosques. Forman & Godron aplicando su teoría biogeográfica, distinguen la distancia entre fragmentos, que no debe ser demasiado grande porque hay grupos de especies que incluso se pueden beneficiar de la fragmentación, siempre que la distancia entre fragmentos no sea demasiado grande.

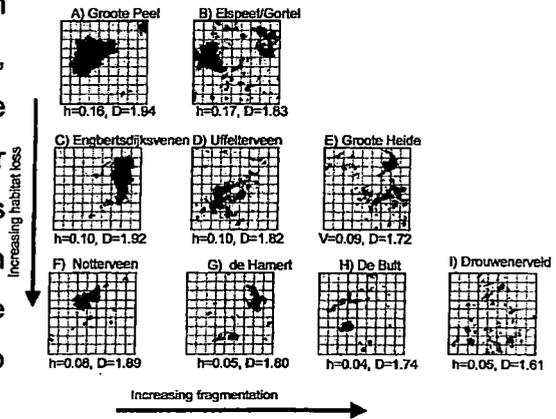


Figura 5: Fragmentación del paisaje Olf, Han y Ritchie, Mark E. 2002 [70]

Los paisajes fragmentados: estructura y grados de alteración

La fragmentación es un proceso continuo y dinámico, cuyos efectos en la estructura del paisaje pueden describirse mediante índices como el porcentaje de hábitat natural, número de parches, etcétera. Según proponen Hobbs y Wilson [64] podríamos distinguir un gradiente continuo con cuatro niveles de alteración del paisaje: intacto, salpicado o jaspeado, fragmentado y relicto, tal como se observa en la figura n°5. A medida que aumenta la pérdida de superficie de hábitat, disminuye la conectividad y se hace más acusado el efecto borde.

Los procesos de fragmentación provocan una disminución de las cubiertas vegetales, dejando la vegetación original de un área determinada reducida a pequeños parches o fragmentos aislados unos de otros inmersos en una matriz más o menos alterada.



Figura 6: Grados de alteración del paisaje Hobbs y Wilson 1998 [16]

La matriz es el área predominante del paisaje, siendo por otro lado, una porción importante del territorio que a menudo suele quedar sin protección. Las

características de la matriz varían en función del grado y el uso antrópico que se haga sobre ella.

La matriz del paisaje provee hábitats a escalas espaciales pequeñas, para organismos que no requieren territorios muy grandes, sino que necesitan estructuras individuales que se encuentran dispersas por la matriz, como es el caso de las especies que viven en árboles muertos, vallas de piedra, setos, linderos, roquedos, etcétera. Estos elementos de la matriz tienen un papel destacado en zonas que han experimentado una fragmentación estructural, donde estas estructuras simples cumplen el papel de hábitat, recurso y refugio.

El mantenimiento de la diversidad biológica de la matriz puede promoverse bien a través de la conservación de estos tipos de elementos o a través de tratamientos o explotaciones menos intensivas.

La matriz puede incrementar la funcionalidad de los parches al actuar como área de amortiguación, además de aportar conectividad al paisaje y entre los parches. La funcionalidad de los parches está íntimamente ligada a su tamaño y su forma.

Por tanto, se fracciona el hábitat natural, cuando va perdiendo las características de una superficie homogénea al aparecer los parches, a su vez se incrementa el efecto borde y aumenta el aislamiento entre los parches, dando lugar a la disminución de la conectividad.^[64]

¿Qué detecta la fragmentación?

La fragmentación ^[16] es un fenómeno espacial que conduce a una modificación no correlacionada de diversos parámetros descriptivos de una estructura espacial, para su evaluación se medirá lo siguiente:

1. Número de parches (dentro de la matriz)
2. Tamaño medio de parches y el parche más grande
3. Forma de los parches
4. Distribución de los parches
5. Cantidad (longitud) de bordes
6. Tamaño (superficie) de área interior
7. Conectividad (corredores y distancia entre parches)
8. Diversidad / heterogeneidad de los parches

El tamaño y la forma de los fragmentos condicionan las posibilidades de mantener ciertas poblaciones, cuanto menor sea la superficie del fragmento, más vulnerable será a los agentes externos y más acusado será el efecto borde. Mientras que en el interior de los fragmentos grandes se dan unas propiedades y características internas del fragmento, en aquellos en los que la superficie es reducida los efectos y tensiones de la matriz se reflejan en el interior del mismo, por lo que las especies de interior se ven altamente perjudicadas en beneficio de aquellas que habitan las zonas fronterizas o ecotonos.

En fragmentos de mayores superficies de hábitat se espera que las poblaciones sean más numerosas y con mayores posibilidades para superar las posibles alteraciones o extinciones locales. Los fragmentos alargados y delgados tienen proporcionalmente mayor longitud de borde, el perímetro, que aquellos que tienen formas cuadradas o redondeadas ^{[16][29]}. En estas últimas formas es más probable que el interior del fragmento mantenga sus condiciones internas y los efectos de la matriz queden restringidos al borde del mismo.

Los bordes son ambientes distintos en el sentido que la estructura de vegetación difiere en ambas comunidades contiguas. Por otro lado, el conjunto de los efectos de la matriz sobre el fragmento se conoce como “efecto borde”, el cual se puede manifestar en cambios al interior del fragmento, pero principalmente en su perímetro. Se han definido bordes de tipo naturales, originados por perturbaciones físicas como fuegos, tormentas, derrumbes, viento o perturbaciones como la depredación o forrajeo; y los generados por actividades humanas que conforman la mayoría de los bordes existentes en el mundo.

Diseño de las Redes de Conservación

La restauración requiere el diseño de redes con espacios protegidos, denominados redes de conservación, el diseño de éstas persigue la conservación no sólo de los elementos singulares, sino del conjunto de procesos ecológicos que operan en el paisaje, de los bienes y servicios ambientales.

Los flujos de materia, energía e información que tienen lugar en el paisaje pueden deberse a factores físicos (viento, corrientes de agua), o a la propia movilidad de los animales (aparte de los flujos debidos directamente a la acción humana).

Las zonas intermedias a esta red se constituirán en zonas protegidas; sus orillas manifiestan una abundante productividad biológica, estas orillas deben ser creadas cuanto sea posible en el paisaje, con tal de que su predominio no destruya la integridad y diversidad de los parches y matrices adyacentes. Al crear áreas abiertas para cercas y veredas y al manejar vegetación en diferentes etapas de crecimiento, el hábitat de la orilla puede aún ser mantenido. El tamaño de estas áreas forestadas afecta directamente el éxito de las especies que viven allí y se debe tener cuidado de proteger la vida silvestre en esta región identificando y preservando los requisitos de su hábitat.

Para medir la forma geométrica de los parches se utiliza un índice sencillo, la relación entre la superficie y el perímetro, puede afirmarse que son preferibles espacios con una baja relación área/perímetro, ya que en éstos se reduce el efecto borde y con él la influencia de las perturbaciones externas, y se aumenta la proporción de hábitat interior. Así, serían preferibles espacios de forma circular a aquellos de forma alargada.^[23]

ESTRUCTURAS Y FUNCIONES DEL PAISAJE

<i>Matriz</i>	<i>Parches</i>	<i>Orillas ó Bordes</i>	<i>Corredores</i>
La porción más conectada del paisaje	Son internamente homogéneos y auto sostenibles	Actúan como recolectores de energía y organismos de hábitat adyacentes	Proveen conexión entre paisajes separados
Compuesta del tipo de vegetación que es más abundante en el sitio	Se diferencian de las matrices que las rodean	Proveen nichos especiales o únicos dentro de los límites del área	Proveen oportunidades para acceso y escape
La matriz debe mantenerse intacta para que el ecosistema funcione bien	Debe de ser lo suficientemente grandes para mantener las funciones ecológicas.	Proveen acceso a las fuentes de hábitat inmediatamente adyacentes	Permiten el flujo de energía, organismos y materiales
Conecta todos los elementos del paisaje incluyendo parcelas, orillas y corredores		Permite intercambios considerables de información y energía	

Figura 7: Estructura Del Paisaje. Morláns, María Cristina ^[23]

La conectividad

La conectividad del paisaje integra los conceptos de corredor y de barrera, e indica cómo responden los flujos ecológicos a la estructura del paisaje. Esta relación depende de los aspectos físicos o estructurales del paisaje, tanto como de las características del flujo ecológico y del propio tamaño, comportamiento y movilidad de los animales,^[16]

La conectividad del paisaje en una red ecológica viene definida por la capacidad de mantener los flujos ecológicos y las conexiones entre los distintos espacios o elementos de la red. La conectividad favorece los flujos de energía y materia claves en el funcionamiento de los ecosistemas, entre ellos los movimientos migratorios, dispersivos, la polinización, los flujos de nutrientes, etcétera. La conectividad de una red facilitaría la capacidad de respuesta de los paisajes y las especies ante incertidumbres políticas, económicas, o frente al cambio climático, menciona Hill ^[16].

La conectividad depende de la estructura espacial del paisaje y de la permeabilidad de los distintos componentes que lo forman. Las áreas núcleo forman las fuentes de dispersión y el resto de los componentes del paisaje van a incrementar o disminuir los flujos de materia y energía por el paisaje. La conectividad entre dos áreas núcleo dependerá principalmente de tres propiedades del paisaje: la permeabilidad del mosaico, la presencia de corredores ecológicos y la presencia de puntos de paso o estribaciones.

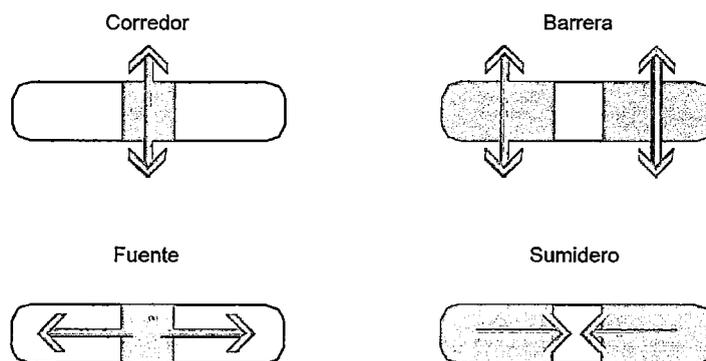


Figura 8: Funciones de los corredores ecológicos. Junta de Andalucía ^[16]

La intensidad de los flujos a lo largo del corredor y en las parcelas adyacentes determina las funciones de corredor y de barrera. Los flujos entre el corredor y las zonas adyacentes originan las funciones de fuente y sumidero. Los flujos ecológicos se representan en la figura con flechas.

Basada en pruebas empíricas realizadas por Burel en 1989 ^[13] y en procedimientos de simulación de Farig y Meriam en 1985, citado por Burel ^[13], se establece una teoría de percolación ecológica, que para regular las características ecológicas de un paisaje debe existir una fuerte correlación entre los elementos del mismo tipo comunicados entre sí; se crean entonces corredores ó conectores entre los parches del paisaje para disminuir la

fragmentación, corredores que adoptan diversas características de diseño, se constituyen en redes de conservación, por ejemplo un seto se transforma en un corredor biológico.

Los corredores se organizan en redes que pueden ser redes de setos, redes de carreteras, etc. Para describir estas redes se cuentan el número de conexiones o intersecciones, debido a que en estos cruces la vegetación es más compleja y proporciona en consecuencia un hábitat más rico en especies.

El número de conexiones se relaciona con el número de uniones entre corredores, una conexión en "T" asegura las uniones de tres setos, una conexión en "L" entre dos setos y en "X" de cuatro setos, la conexión "O" es un callejón sin salida. ^[18]

En un estado avanzado de fragmentación forestal, la presencia de corredores tiene un mayor efecto, es más eficaz, dado por Baudry y Burel ^[9]

Los Corredores lineales

Los setos son importantes elementos del paisaje por su función como hábitat y por su posible función como corredores para especies forestales. Entre las especies cuyos desplazamientos pueden estar influidos por la misma existencia de los setos, pueden citarse pequeños mamíferos como la ardilla, *Sciurus vulgaris*, aves, insectos, etcétera. La distribución de algunas plantas también puede estar influida por la estructura de los setos.

Los setos también pueden tener efecto barrera frente a los flujos eólicos y sobre los flujos hídricos, pero este efecto puede considerarse beneficioso para la conservación. El efecto barrera sobre los flujos eólicos puede facilitar el vuelo de determinados insectos en días de viento y el efecto barrera sobre los flujos hídricos puede contribuir a prevenir la erosión.

Cualquier línea de vegetación sobre un terreno no labrado (setos, linderos entre fincas, etcétera), inclusive vegetación arbustiva o herbácea, puede tener un importante papel en el control biológico de plagas y como refugio para la fauna silvestre.

1.2. EVALUACIÓN PAISAJISTA

1.2.1. Técnicas y herramientas de análisis paisajista

Con la regionalización ecológica se delinea unidades relativamente homogéneas según una o varias variables, y se representan en forma de mapas (y bases de datos geográficos) utilizando leyendas (modelos cartográficos) jerárquicas (anidadas). En otras palabras, se trata de la determinación y delimitación, de manera cualitativa o cuantitativa, de diferentes niveles de homogeneidad sobre el territorio. Desde el punto de vista geométrico, es decir, en términos de las entidades con que se opera, se trata de unidades de área (con largo y ancho), diferentes de los puntos, resultado de las observaciones casuísticas típicas del levantamiento biológico en el campo.

El enfoque que permite la definición, estudio, análisis y predicción del comportamiento de un paisaje es la Geoecología o Ecología de Paisaje, Naveh^[24]. Además, un mapa de unidades de paisaje es compatible con otros modelos de segmentación del territorio.

La Cartografía, una herramienta de análisis del paisaje

La cartografía muestra de manera gráfica y fácilmente identificable las unidades ecológicas y espaciales, cuya relación deriva en unidades homogéneas ó manchas que componen el mosaico terrestre, la foto interpretación descompone en unidades o manchas. ^[25]

Las principales herramientas utilizadas son:

1. La fotografía aérea
2. la imagen satélite
3. verificación y levantamiento de campo

Es posible utilizar estas herramientas en análisis complejos con sistemas de Información Geográfica que cruzarán múltiples variables.

Mapas de diagnóstico

El enfoque a ser utilizado para evaluar la matriz del paisaje es el cualitativo, aproximación que permite optimizar la visión del uso o respuesta visual de la

tierra, esta metodología es apropiada en estudios a pequeña escala 1/100,000, donde hay una mayor generalización en el nivel de detalle de los datos.

Los mapas a ser utilizados para el análisis, tomando como referencia a Muñoz Pedreros ^[41] son:

1. Climático, para verificar las continuidades pluviométricas
2. Geomorfológico, destinado a la observación de sombras y pendientes, se delimitan las unidades fisiográficas como montañas, llanuras, pie de monte, valles estrechos, entre otros
3. Geológico y Edafológico, para analizar el suelo y la respuesta en color o espectros de la cobertura vegetal
4. Ecológico, unidades homogéneas desde el punto de vista de la potencialidad biológica en respuesta a las áreas climáticas y la vegetación potencial.

A partir de este levantamiento de información podremos resolver que el modelado de la superficie terrestre resultante arroja información sobre tres roles críticos en la heterogeneidad del espacio geográfico ó Geosistema:

a) El relieve determina la cantidad de energía solar que incide en cualquier punto de la superficie del planeta. Los ecosistemas de la superficie terrestre obtienen de los rayos solares más de 98% de la energía para su funcionamiento. Por otra parte, en los sistemas de lomeríos y montañas el relieve determina el carácter y difusión espacial de las “sombras topográficas” . Por lo tanto, el relieve determina y modifica la cantidad de energía que incide en cualquier punto de la superficie terrestre, lo cual posee una elevada connotación ecológica.

b) El relieve también condiciona la redistribución de la humedad atmosférica y determina el sentido y dirección de los flujos superficiales así como la existencia de los cuerpos de agua. Por lo tanto, el grado de humedecimiento del paisaje es función del relieve y los biocomponentes deben seguir este patrón o desarrollar adaptaciones para soportar condiciones de estrés hídrico, lo cual le confiere al relieve, nuevamente, una elevada connotación ecológica.

c) El relieve controla la distribución de sedimentos en la superficie terrestre, y con ellos, parte importante de los nutrientes. Los procesos geomorfológicos condicionan la distribución diferencial, composición y potencia de los sedimentos

en la superficie; determinando en gran medida, la distribución y potencia de los depósitos no consolidados y parte importante de los nutrientes.

En consecuencia, el levantamiento satelital y el complemento cartografiado de los componentes del paisaje y en particular de la vegetación, revelará los procesos ecológicos que se dan sobre la superficie terrestre.

1.3. RESTAURACIÓN ECO-PAISAJISTA

1.3.1. Restauración de Áreas Fragmentadas

La restauración de las áreas naturales fragmentadas requiere para comenzar a recuperar el hábitat destruido, el restituir en un 50% al menos de lo siguiente

1. El hábitat o Matriz
2. El aislamiento de las manchas de hábitat – parches, aminorar sus espacios intersticiales
3. Reconocer la presencia de corredores - redes o bordes de parches, restaurando su conectividad
4. Utilizar vegetación que incentive el retorno de fauna propicia a la restauración eco-sistémica
5. Mitigar el impacto de actividades tradicionales como pastoreo, agricultura ecológica, entre otras

Desde el punto de vista estético y en una simulación apropiada, el paisaje final deberá responder a criterios de

- a. Calidad y textura de follaje
- b. Colores de follaje y de flores

Que permitirán optimizar el resultado final de la relación función y forma del área que pertenece al botadero.

1.3.2. Morfología del botadero y su diseño paisajista

La propuesta de restauración paisajista se sustentará en la reconstrucción de redes o corredores vegetales cuyos cruces propicien la restitución de la matriz inicial.

La restauración del área donde se ubicó el botadero, será tratada paisajísticamente y obedecerá al objetivo ecológico en los siguientes aspectos técnicos: un área de amortiguamiento, la canalización a los drenajes de escorrentía y a implementarse el uso urbano a futuro.

Planteamiento de las unidades paisajistas

Una Unidad Paisajista debiera ser lo más homogénea posible en relación a su valor de paisaje como calidad visual y su valor de fragilidad. La unidad es una agregación ordenada y coherente de las partes elementales (Escribano et al. 1991) citado por Muñoz-Pedrerros ^[41]

La homogeneidad variará según la escala de trabajo, se usará una escala menor por la envergadura del bosque seco y las unidades paisajistas se reconocerán con menor nivel de detalles.

Las Unidades Paisajistas pueden ser regulares, irregulares o mixtas. Por las ventajas operativas se sugiere usar ^{[25][41]} unidades paisajistas irregulares, esto es, la unidad de paisaje toma una forma irregular como un ecosistema, y de un tamaño condicionado por la escala de trabajo.

Para determinar una UP se puede seguir el siguiente procedimiento ^[41]: (a) determinar el componente central más representativo en el área de estudio, puede tomarse la vegetación o el relieve, (b) cartografiar el área de estudio generando unidades homogéneas, (c) agregar los componentes restantes del paisaje a las unidades homogéneas ya generadas. Se proponen como componentes centrales a la cubierta vegetal y la morfología del terreno. La cubierta vegetal, considera los diferentes tipos de cubierta del suelo. Desde las hierbas ralas a los bosques nativos densos.

Morfología del área cerrada del botadero

La forma final del área deberá responder a dos aspectos técnicos, el primero corresponde a la mitigación de la producción de lixiviados que en la temporada de lluvia se agudizará por la infiltración de ésta, y el segundo para la restauración y composición paisajista con especies vegetales seleccionadas.

Ambos aspectos confluyen en la necesidad de ordenar, agrupar, seleccionar, escoger y tapar convenientemente los residuos en una forma tal que el resultado se adapte al paisaje y se inicie el proceso de la restauración ecológica.

1.4. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PARA ECOSISTEMAS Y EL PAISAJE

Introducción

La legislación para la restauración paisajista o tratamiento del paisaje degradado no existe en el Perú, sólo hay citas para que se restituya el paisaje en caso de haber sido intervenido por actividades extractivas, o se solicita su protección si el paisaje es un recurso económico.

1.4.1. Legislación ambiental sobre conservación de ecosistemas

Aspectos legales para la preservación de los Bosques secos en la Región, ANP, zonas de amortiguamiento y el valor económico de un paisaje

La Legislación para conservación de ecosistemas comprende la protección a la riqueza biológica como patrimonio natural del país; en el Perú el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales DL N° 613 del (08-09-90) ^[5] en su capítulo VIII, Art. 36 define que el patrimonio natural de la Nación “está constituido por la diversidad ecológica, biológica y genética que alberga su territorio. Los ecosistemas, los procesos naturales, las especies de flora y fauna, las variedades de las especies domésticas nativas, los paisajes y las interrelaciones entre estos elementos, son las manifestaciones principales del patrimonio natural”.

En el capítulo IX, Art. 38. sobre el mantenimiento de la diversidad de especies. Manifiesta que “la población de todas las especies se mantendrá a un nivel por lo menos suficiente para garantizar su supervivencia”. Asimismo, se salvaguardarán los ambientes necesarios para ese fin.”, así como en el Art.39 manifiesta que “aquellas especies cuya supervivencia se encuentre amenazada, en peligro o en vías de extinción, serán objeto de rigurosos mecanismos de control y protección que garanticen su conservación.”

El Art. 49 asigna al Estado la obligación de proteger y conservar los ecosistemas que comprende su territorio, entendiéndose éstos, como las interrelaciones de los organismos vivos entre sí y con su ambiente físico. El aprovechamiento sostenido de los ecosistemas debe garantizar la permanencia de estos procesos naturales.

La Preservación de la diversidad biológica se enmarca dentro de la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica del Perú DS 102-2001 PCM 05/09/2001. ^[5]

Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales Ley N° 26821, en su artículo 2° presenta como objetivo el promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables... procurando un equilibrio dinámico entre el crecimiento económico, la conservación de los recursos naturales y del ambiente y el desarrollo integral de la persona humana.

Con respecto al uso sostenible de los elementos que componen el paisaje, el artículo 3^{to} considera que son recursos naturales susceptibles de ser aprovechados por el ser humano, tales como:

a.- las aguas: superficiales y subterráneas; b. el suelo, subsuelo y las tierras por su capacidad de uso mayor: agrícolas, pecuarias, forestales y de protección; c. la diversidad biológica: como las especies de flora, de la fauna y de los microorganismos o protistas; los recursos genéticos, y los ecosistemas que dan soporte a la vida.

g.- los demás considerados como tales. El paisaje natural, en tanto sea objeto de aprovechamiento económico, es considerado recurso natural para efectos de la presente Ley. Que permite dar un valor económico a la conservación del paisaje

1.4.2. Legislación ambiental para la restauración de paisajes degradados

En los principios del Derecho Ambiental contenidos en la Ley General del Ambiente 15/07/2005 ^[5] se encuentra el principio de responsabilidad ambiental Art. IX que señala “El causante de la degradación del ambiente y de sus componentes está obligado a adoptar las medidas para su restauración, rehabilitación o reparación...” entre ellos el paisaje.

1.4.3. Aspectos legales para la disposición final y recuperación de áreas degradadas por Residuos Sólidos

En Perú la Legislación ambiental al respecto se orienta a la rehabilitación de las áreas degradadas por efecto del uso para disposición final de residuos, no menciona específicamente a los Botaderos. La Política Nacional del Ambiente señala “Asegurar una calidad ambiental adecuada para la salud y el desarrollo

integral de las personas, previniendo la afectación de ecosistemas, recuperando ambientes degradados y promoviendo una gestión integrada de los riesgos ambientales, así como una producción limpia y ecoeficiente”. Así como el “Rehabilitar las áreas ambientalmente degradadas articulando las acciones de los sectores público y privado involucrados, de acuerdo a sus competencias y responsabilidades”.

El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales DL N° 613 del (08-09-90) en cuyo Capítulo II, Art. 7 considera “la rehabilitación de áreas que sean afectadas por las actividades humanas y 6. La capacidad asimilativa del área.”

Los lineamientos para una política nacional ambiental y la Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica (2001); la Política Nacional para la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Genéticos (2007); y la Política Nacional para la seguridad de la Biotecnología Moderna (2007). Permiten que se inventaríe y proteger los ecosistemas en proceso de degradación con prioridad en los manglares; los humedales de la Costa; los ecosistemas marino-costeros, en especial los cercanos a las grandes ciudades; las lomas costeras; los bosques secos y algarrobales de la Costa Norte, entre otros a cargo del Ministerio del Ambiente.

Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento ^[57]

La Ley no contempla el tratamiento de los botaderos por ser de característica informal, sólo se le define como la “Acumulación inapropiada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria”.

En el caso del cierre de un botadero se debe inferir y aplicar los siguientes artículos:

Artículo 33.- Barrera sanitaria, este artículo puede adaptarse al cierre del botadero, por la preocupación de restituir el espacio al ecosistema natural.

Ítem 33.1 Destinar en todo relleno sanitario un área perimetral que actúe exclusivamente como barrera sanitaria. En dicha área se implantarán barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales.

Ítem 33.2 El uso de las áreas ocupadas por rellenos sanitarios (botaderos) después de su cierre deberá ser previamente autorizado por la DIGESA del Ministerio de Salud.

Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos D.S. N°
057-2004 ^[57]

El lo que compete al tratamiento del Paisaje de un área degradada, el DS 057 otorga la responsabilidad a las municipalidades provinciales y distritales en su artículo N°8 pto 1,i donde requiere el “Asegurar la erradicación de los lugares de disposición final inapropiada de residuos sólidos, así como la recuperación de áreas degradadas por dicha causa..”

En el capítulo IV, artículo 90° menciona “Queda prohibida la habilitación urbana o la construcción de edificaciones de cualquier naturaleza en áreas que fueron utilizadas como infraestructura de disposición final...” no menciona que necesariamente sea un botadero.

El artículo 92° señala sobre la recuperación y uso de áreas utilizadas como botaderos, mediante un plan de recuperación, basado en la seguridad y salubridad, no menciona la recuperación del paisaje, pero tangencialmente es tocado al requerir que las características biológicas del área y su entorno sean compatibles.

Decreto Legislativo N°1065

El D.L. 1065 modifica la Ley General y en lo que compete a la recuperación de ecosistemas el artículo 4to ítem 16 requiere el “establecer las acciones destinadas a evitar la contaminación ambiental... que pudieran afectar a los suelos y ecosistemas”, que sin mencionar el paisaje lo atañe al ocuparse de los ecosistemas.

1.4.4. Disposiciones Locales

Es este marco legal general el que da soporte a la evaluación, rehabilitación y restauración del suelo, el paisaje y el ecosistema de los terrenos utilizados en botaderos a cielo abierto con fines de salvaguardar la calidad ambiental mediante el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS)

Cuadro N°1 Resumen del Marco Legal Peruano referido a la Preservación del Ambiente, del Paisaje y de la Disposición Final de Residuos Sólidos

N° dispositivo	Denominación	fecha
Decreto Supremo N.°06-STN	Reglamento para la disposición de basuras mediante el empleo del método de relleno Sanitario	09/01/64
Decreto Supremo No. 105/67-DGS	Dispone que las áreas de terreno destinadas a relleno sanitario o de basuras, solamente podrán ser habilitadas para parques ó bosques.	01/01/67
Decreto Legislativo N°613	Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales; Lima – Perú	08/09/1990
Ley N° 26842	Ley General de Salud	20/07/1997
Ley N° 27314	Ley General de Residuos Sólidos; Perú	21/07/2000
D.S. N° 057-2004-PCM	Reglamento de la Ley 27314 "Ley General de Residuos Sólidos"	22/07/2004
Decreto Legislativo 1065	modifica la Ley N° 27314	27/06/2008
Ley ° 23853	Ley Orgánica de Municipalidades	
Decreto Legislativo N° 28611	Ley General del Ambiente	15/07/2005
Decreto Legislativo N°1055	Modificatoria de la Ley General del Ambiente	
Decreto Legislativo N° 012-2009	Política Nacional del Ambiente	2009
Ley N° 26834	Ley de Áreas Naturales Protegidas.	
Ley N° 26821	Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales	
Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM	Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua	31/07/2008
Decreto Supremo N° 074-2001-PCM	Aprueban el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire	24/06/2001
Ley N° 27446	Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental	23/04/2001
Ordenanza Municipal N° 015-2008-MDLL	Regulación del arroj de Residuos Sólidos en la vía pública	2008
Las Lomas	Plan de Desarrollo Concertado 2007-2022	2007

Elaboración: propia

1.4.5. Competencias institucionales

Las disposiciones legales nacionales establecen que el Ministerio de Salud y las municipalidades provinciales son las instituciones a las que les corresponde asegurar la clausura de un botadero según lo dispuesto en la Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento. ^[57]

La responsabilidad de las municipalidades provinciales y distritales se centra en lo referido a la planificación y fiscalización de la infraestructura propia de los botaderos y rellenos sanitarios.

Actualmente ningún sector ha destinado un presupuesto para la rehabilitación de botaderos a cielo abierto, un esfuerzo para determinar el volumen del problema fue el catastro realizado el año 2006 por DIGESA el que abarca las provincias de Lima, Callao, Cañete, Huarochiri y Huaura. Ver Anexo 1.- Catastro DIGESA para Provincias de Lima, Huarochirí y Huaral.

Conclusiones

Los botaderos a cielo abierto son una actividad muy antigua e informal, por lo mismo es un gran problema que carece además de legislación, el esfuerzo que hacen las municipalidades con criterio de ordenamiento en su jurisdicción, es el prohibir la cercanía a la población de esta actividad contaminante.

No existe legislación para esta actividad y para el deterioro que causa en el paisaje.

El año 1964 ya se previa que se destinaran los residuos en rellenos sanitarios, pero no se especificaba que hacer para formalizar los botaderos existentes.

El año 67 destina los rellenos como áreas para parques o bosques en previsión de su asentamiento y contaminación, pero tampoco dispone que tipo de tratamiento ecológico o paisajístico se diera a ese parque y/o bosques.

En los últimos 20 años se han dado disposiciones que tratan de impedir la contaminación ambiental con estándares, límites y actividades que protegen la salud ambiental, y tangencialmente la protección de los recursos naturales y el paisaje. Pero como se puede observar la regeneración del paisaje no tiene una legislación específica, a pesar que la imagen del Perú es muy prestigiosa a nivel mundial y el reconocimiento a su Megadiversidad dentro de la cual está considerada la riqueza paisajística.

1.5. LOS BOTADEROS A CIELO ABIERTO

Introducción

El impacto ambiental que sufre el medio ambiente a través de la existencia de un botadero a cielo abierto presenta diferentes características, la más relevante es aquella que se produce en la etapa de funcionamiento. El cambio del uso del suelo, la deforestación y la eliminación de la cobertura vegetal endógena, el cambio en el ecosistema inicial, al alojar a especies animales carroñeras y nocivas al ser humano; la descomposición de los residuos que afecta y contamina el suelo, el subsuelo y las aguas superficiales, el diseminamiento por acción del viento de materiales contaminados como bolsas y papeles hace que retorne al hombre la contaminación provocada por él mismo. Este impacto es el que se pretende mitigar con acciones que recurran a la Naturaleza y devuelvan el equilibrio al ecosistema afectado y la belleza natural del paisaje.

1.5.1. Impacto ambiental en la etapa de funcionamiento

El funcionamiento de un botadero tiene efectos negativos sobre el paisaje, empezando por la alteración de la topografía del terreno y la deforestación, actividades que degradan el ecosistema, remueven la capa superficial del suelo, provocan la eliminación de la vegetación y la emigración o muerte de la fauna. Esta pérdida de cobertura vegetal no se recuperará hasta trascurrida por lo menos una década después de que se elimine esta actividad^[46]; por otro lado, el funcionamiento de un botadero provoca la interceptación y desviación de aguas de escorrentía impactando en la permeabilidad propia del terreno, desviando fluidos y lixiviados hacia canales de agua superficial y aguas subterráneas.^[50]

Cerca a las áreas habitadas el cambio de uso de suelo a uso como botadero es de mayor efecto negativo, se constituye en una barrera al interferir el tránsito de un área a otra, produce el efecto NIMBY (de las siglas en Inglés Not in My Back Yard – No en mi patio trasero) e incrementa la actividad vial para el acceso a éste. Se contamina la napa freática por los lixiviados y el aire por la quema de los desechos.

El paisaje es contaminado física y visualmente por los residuos expuestos, se desertifica y empobrece; a nivel general contribuye a cambios climáticos y micro-

climáticos como las sequías prolongadas, aparición inusual de lluvias intensas, y alteración de los flujos de viento. Localmente disminuye la disponibilidad de agua, pérdida de suelos por erosión hídrica, incrementa la degradación y pérdida de la biodiversidad, la aparición de plagas y enfermedades, agudiza el Fenómeno del Niño, y aumentan los Gases de Efecto Invernadero (GEI)^[45].

1.5.2. Impactos ambientales en la etapa de cierre o clausura

En su etapa de clausura los impactos mayormente serán positivos, particularmente en el aspecto de la salud ambiental, la salud de las personas que transitan por el lugar, del ecosistema y su paisaje; la recuperación de la vegetación, la salud de la fauna doméstica que no consumirá los desechos contaminados, la disminución de los Gases de efecto invernadero; así como también se incrementará el valor de la propiedad en los terrenos aledaños.

Por otro lado, el uso de esta área clausurada a favor de parques o bosquesillos favorecerá a la recreación de la población local.

1.6. RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE UN BOTADERO

La recuperación de las áreas empleadas como botaderos implica el control de riesgos ambientales por la posible contaminación de aguas superficiales y subterráneas, la des-contaminación de los suelos de cobertura, eliminación de vectores que pueden continuar aún cuando ya se haya terminado la actividad, la posible iniciación y propagación de incendios. Su reinserción como área para el uso semi-urbano como recreacional, agrícola, u otros. ^{[46][49]}.

Este trabajo pretende que su reinserción sea la adecuada al paisaje que lo rodea y una contribución a estructuras del paisaje de mayor envergadura, dada por los flujos del ecosistema que se hayan desviado o detenido por efecto de la existencia del botadero.

1.6.1. Medidas de mitigación durante el proceso de cierre

Las medidas de mitigación a emplear en el proceso de cierre dependen de una serie de factores: las características del proyecto de cierre, la tecnología usada, las condiciones del tamaño, volumen, el clima, entre otros. Para los malos olores y la concentración de gases explosivos producidos al fermentar la basura se

requerirá la colocación de dispositivos de recogida de gases y chimeneas; los gases se quemarán para producir energía o mitigar su efecto invernadero. ^[49]

La cobertura final del botadero y la cubierta vegetal disminuirán los impactos ambientales y visuales para recuperar con una solución económica el paisaje degradado.

Con respecto al cierre del botadero, las medidas que normalmente se emplean para la mitigación son:

Para los olores.- la utilización de pantallas vegetales, como árboles y arbustos, el tratamiento de los líquidos percolados y la quema del biogás.

Para los ruidos.- se colocan pantallas vegetales medianamente tupidas.

Para la alteración de la calidad del suelo.- se tratará con una adecuada impermeabilización del botadero, que eviten las filtraciones, se colocará vegetación para evitar erosión por el viento, constantemente se rellenarán y nivelarán las zonas con asentamiento diferencial o de pendientes fuertes.

Para evitar la diseminación de materiales.- derivados de la erosión por viento, porque éste libera algunos residuos y los dispersa, se configuran las barreras vegetales.

Para evitar la diseminación del material particulado.- las pantallas vegetales se instalarán en el perímetro del área de cierre.

1.6.2. Cobertura final

La cobertura final requiere ser impermeable y estar compuesta por una capa de material arcilloso de 60 cm de espesor y conductividad hidráulica máxima de 1×10^{-7} cm/s, no pudiendo ser de espesor menor a 30 cm. Sobre ella se colocará un sistema de drenaje de material granular y una capa de suelo de 60 cm con cobertura vegetal.

1.6.3. Cobertura final con materiales naturales

En el "Programa de Cierre del Relleno Sanitario Lo Errázuriz" ^[50] se menciona que el cierre y la conversión de 10 ha de relleno en áreas verdes se ha hecho colocando sobre la última capa de cobertura de 25 cm de espesor, tres capas de suelo arcilloso compactado de 20 cm cada una, de permeabilidad 10^{-4} cm/s

sobre ella va un polietileno de alta resistencia y sobre éste otra capa de 40 cm de limo y tierra vegetal, para finalizar con una capa de 5 cm de tierra de hojas. Las pendientes varían entre un 2% a 5% hacia los extremos del área, para permitir el escurrimiento superficial de agua de lluvia.

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de España en su “Manual de Rellenos Sanitarios” ^[49] recomienda que los sitios utilizados como áreas verdes también se deban dejar estabilizar el sitio en un periodo de 6 a 10 años, a fin de minimizar posibles efectos sobre la salud humana.

Recomienda que para el diseño de la cubierta final de un sitio de disposición final de residuos sólidos, se colocan uniformemente capas de suelos de diferentes texturas.

En Las Lomas se colocaron sólo dos capas, una de suelo areno-arcilloso y la cobertura final de suelo vegetal reservado para tal fin, para la ejecución de las diferentes capas del sellado se recomienda el empleo de materiales naturales (gravas, arcillas, arenas). Y para el sellado de los botaderos de ciudades similares a Las Lomas, se emplea materiales naturales, por el menor costo y facilidad de acceso con respecto a los geosintéticos. ^[47]

A continuación se describen las capas que conforman el sistema del sellado

- a. capa de regularización
- b. capa drenante de gases
- c. capa de impermeabilización
- d. capa de drenaje de aguas superficiales
- e. capa externa

Capa de regulación

Sobre la capa de residuos se sitúa la capa sub-base de suelo nativo compactado, de 0.30 m. a 0.45 m. de espesor, para cubrirlos y evitar su contacto con las siguientes capas de suelo, se utiliza para contornear la superficie del botadero, creando una superficie regular y lo más lisa posible, así como para evitar que los materiales específicos del sellado estén en contacto directo con los residuos, puede utilizarse el suelo del lugar. Así mismo también servirá para poder habilitar pendientes continuas, sin cambios bruscos a escala local.

Dicha capa se extenderá y compactará en una sola tongada, compactándose con rodillo autopulsado en todas las superficies de pendiente menor 3H:1V. En pendientes menores se empleará maquinaria de compactación ligera.

En las directrices que establece el Comité Técnico de Vertederos (CTD) italiano^[50], se establece que es necesario evitar el uso de materiales de baja conductividad hidráulica para no perjudicar la eficiencia de la capa drenante de gases.

Capa drenante de gases

Su función es difundir el biogás que llegue a la superficie de sellado hasta los puntos de recogida para su extracción. Los canales para captación de biogás serán de 30 cm a 50 cm de espesor. Se coloca una capa de arena, grava o material granular con menos del 20% de material fino, éste se coloca con el fin de canalizar el biogás hacia la atmósfera. Se debe resaltar que las gravas de tipo calizo no son recomendables en el interior del botadero ya que son fácilmente atacables por los gases (biogás) y líquidos (lixiviados y condensados) presentes en la masa de residuos. Cuando se construyen pozos de extracción y venteo, no es necesario construir dichos canales.

Capa de impermeabilización

La capa impermeable se conforma como una capa barrera, con objeto de restringir la entrada de líquidos en los desechos depositados y la salida de los gases generados a través de la cubrición. Desviando el flujo de aguas procedentes del exterior, se disminuye la generación de lixiviados. Este filtro de 40 cm a 60 cm de espesor protegerá a las siguientes capas de objetos punzo-cortantes, como rocas, huesos, etc.; además permite el drenaje de líquidos y gases generados por la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos.^[49]

Esta capa se apoya sobre la capa drenante de gases; hay que extremar el control durante la compactación de esta capa, debido a la dificultad que entraña la compactación de este tipo de materiales en los taludes.

Capa de drenaje de aguas de lluvia

De acuerdo a lo recomendado por la U.S. EPA (Environmental Protection Agency por sus siglas en Inglés) ^[78] la capa arcillosa debe tener un espesor de 90 cm y conductividad hidráulica máxima 1×10^{-7} cm/s.

Se utiliza la capa de drenaje de aguas de lluvia para transportar esta agua que se filtra a través del material de cubrición fuera de la capa impermeable y reducir así la presión sobre esta capa. Las pendientes proyectadas para esta capa han de ser tales que garanticen una adecuada evacuación de las aguas meteóricas incluso tras la finalización de los asentamientos.

Capa externa

Sobre la capa de drenaje de aguas superficiales se colocará una capa de suelo seleccionado, de forma que proteja las capas superiores de la cubierta y sirva de soporte al desarrollo de un manto vegetal, que ayude a la fijación y estabilidad del suelo, debe tener un espesor de 80 cm a 100 cm, el extendido del material se debe realizar evitándose la compactación del mismo.

La capa externa puede ser limo o arcilla o bien limo con suficiente materia orgánica para estabilizar la vegetación o un suelo con suficiente cantidad de nutrientes y pH adecuado. Para la colocación de la capa vegetal recomienda los siguientes pasos:

1. Conformar la capa de suelo asegurando que el espesor sea el adecuado.
2. Compactar todas las capas excepto la superficial.
3. Cubrir las capas para evitar que se presente la erosión o la formación de grietas.
4. Construir áreas pequeñas que permitan que se concluya con mayor rapidez.

Capa Vegetal final

Debe tener un espesor de 20 cm, se recomienda utilizar pasto cuyas raíces alcancen distancias poco profundas pero que se sostenga o se teja en el suelo; además que sea adecuado para controlar la erosión por efecto del clima; y que consuma poca agua. En Las Lomas, con el objetivo de la restauración del paisaje, se espera que las semillas de las herbáceas contenidas en este sustrato

final crezcan espontáneamente cuando empieza la temporada de lluvias y cubran los montículos de residuos. La experiencia chilena indica que la mayor cantidad de biomasa creció donde el suelo fue más profundo, y la mortalidad disminuyó porque las raíces tuvieron menor contacto con los lixiviados ^[55].

Las tablas mostradas a continuación resumen las recomendaciones técnicas de los espesores convenientes para las capas de sellado final del botadero, en la tabla 2 se describe los componentes de las capas en sus porcentajes de limo y arcilla.

Tabla 1 Detalle del sellado del Botadero ó Relleno Sanitario

Estratos	Material
Capa de regularización, espesor 0.3 - 0.45 m	Suelo nativo compactado
Capa drenante de gases, espesor > 0.5 m	Arena, compost grueso, canto rodado, grava, desechos de madera
Capa de impermeabilización, espesor 0.4 - 0.6 m	
Capa drenaje de aguas de lluvia, espesor 0.5 m EPA 0.90 m	Suelo arenoso, arena, suelo entreverado con piedra o grava
Capa externa y capa vegetal final, espesor > 1 m	Suelo natural enriquecido con humus o compost

Fuente: Röben, Eva. Diseño, Construcción y Cierre de rellenos sanitarios, Loja ^[60]
Elaboración: Propia

Tabla 2 Componentes cobertura final

Tipo de Suelo	Contenido de Limo (% Peso)	Contenido de Arcilla (% Peso)
Arena limosa	10 - 40	8 - 17
Arena limosa	10 - 50	0 - 15
Arena arcillosa	0 - 15	5 - 25
Limo arenoso	15 - 80	15 - 45
Limo arenoso	50 - 80	0 - 17

Fuente: Röben, Eva. Diseño, Construcción y Cierre de rellenos sanitarios, Loja ^[60]
Elaboración: Propia

Además de la colocación de las capas de material descritas, en el momento de realizar el perfilado superficial de la plataforma superior, se adoptarán las pendientes apropiadas de modo que se favorezca la evacuación de las aguas hacia las cunetas ó zanjas de coronación que han de bordear la superficie.

Las pendientes de la cobertura final han de proyectarse teniendo en cuenta los posibles asentamientos de la masa de residuos. Para limitar los riesgos de erosión y evitar la posibilidad de infiltración y de asentamientos, así como facilitar la escorrentía de aguas superficiales hacia el drenaje superficial, se recomienda que la capa superior tenga un perfil en forma de colina con pendientes entre el 3% y el 5%.

En terrenos arcillosos la compactación impide que las plantas enraícen, por lo que no se debe compactar la capa de humus, y tampoco deben entrar vehículos pesados sobre la superficie sellada (recolectores, tractores, rodillos).

Limitaciones

- a. El sellado superficial reduce la migración de contaminantes y el contacto con personas y animales pero no disminuye la toxicidad, movilidad o el volumen de los residuos.
- b. El sellado superficial es más efectivo cuando la mayor parte del material vertido está por encima del nivel freático. Una cubierta, por sí sola, no puede evitar el flujo horizontal del agua subterránea hacia el residuo, únicamente la entrada de agua verticalmente en el vertido
- c. La vida efectiva de los componentes de un vertedero, incluido el sellado superficial, constituye una limitación a su uso y aplicación. Sin embargo ésta puede ampliarse mediante una inspección y mantenimiento a largo plazo
- d. La vegetación, que tiene una tendencia a penetrar con sus raíces en profundidad, debe ser eliminada del área de la cubierta, se puede derivar hacia el borde o a las zanjas de coronación previendo con una suficiente cantidad de sustrato apropiado para su crecimiento
- e. Deben adoptarse precauciones para evitar que actividades de uso del terreno puedan dañar la integridad de la cubierta;
- f. El funcionamiento de la instalación depende más de la calidad de la construcción que de la calidad de los materiales, por lo que se hace necesario un estricto control y seguimiento del diseño y construcción del sellado.
- g. Otros problemas asociados al sellado superficial se producen como consecuencia del asentamiento de los residuos con el tiempo, la infiltración, deslizamientos, o la estabilidad de las pendientes y taludes. Estas modificaciones afectan al drenaje superficial, a la estabilidad de las membranas (en caso de instalarse) o a los puntos de conexión entre estructuras rígidas (como las de recogida de gases) y no rígidas. A largo plazo, la efectividad del sellado superficial puede disminuir como consecuencia de estos y otros problemas.

La Ley 27314 ^[57] señala en el caso de los rellenos sanitarios que la superficie sellada no puede ser utilizada para usos urbanos, esta directiva puede ser aplicada a nuestro caso, será muy importante el prever la re-vegetación con objetivos ecológicos, de restauración de una zona natural, el bosque seco.

1.6.4. Drenaje superficial

El botadero se encontrará sometido a los efectos del clima, resultando imprescindible la ejecución de un buen sistema de drenaje de aguas superficiales para lo cual debe instalarse una red de evacuación rápida a base de canales, tubos de hormigón o zanjas de grava.

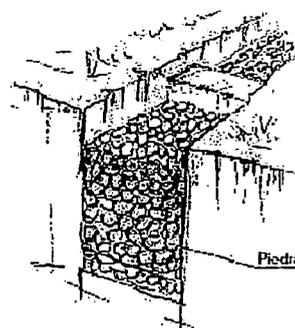


Figura 9: Drenaje superficial Fuertes, H. EIA Plan de clausura del relleno sanitario Santo Domingo^[52]

La obra deberá contar con elementos de control de ingreso de agua de lluvia por escurrimiento, agua que deberá ser interceptada y canalizada hacia plantas colocadas para el efecto, de forma tal que no ingresen a la celda de disposición final.

El objetivo del sistema de drenaje superficial será drenar el agua de precipitación sobre el sellado e inmediaciones para evitar la percolación de la misma en los materiales y residuos del botadero, así, reducir la cantidad global de lixiviados generados. La concentración y el volumen de los contaminantes en el lixiviado dependen de la lluvia, el volumen de los lixiviados aumenta con la lluvia pero la concentración de los contaminantes se diluye, podrán ser absorbidos por la vegetación con bajo índice de mortalidad; en la época seca el volumen es bajo, pero la concentración de contaminantes es alta, será más difícil su absorción y probablemente haya senescencia vegetal por la alta concentración de los lixiviados.

El control del flujo y dirección del agua superficial se logra con canales o zanjas, drenajes y mejoras en la evacuación del agua que cae sobre la cubierta del relleno. Las zanjas o canales se realizan excavando en el suelo natural una zanja perimetral a lo largo de todo el botadero, y utilizando el material gravoso y canto rodado para ayudar a direccionar el flujo de agua. Jaramillo^[53]

Se puede utilizar como drenajes adicionales en las zanjas, una tubería perforada para capturar tanto aguas superficiales como subterráneas. Los materiales más adecuados en la fabricación de las tuberías de drenaje son el polietileno de alta densidad (HDPE) y el polipropileno (PP), cuya resistencia y durabilidad garantizan su uso a largo plazo. Las tuberías de drenaje se instalan en el interior de una zanja excavada para su colocación y se "rodean" de una capa de relleno

granular que facilite la circulación del agua a través de ellas. En la zona de la zanja donde se instale vegetación, el drenaje no deberá perforarse para evitar que se obstruya con la tierra y raíces de las plantas.

El sellado superficial del terreno del botadero puede también protegerse mediante pendientes a modo de lomas. Para evitar excavar en el residuo, las zanjas se forman colocando material de relleno sobre el vertido, antes de recubrirlo con el sellado superficial.

La evacuación del agua recogida por la red de drenaje superficial o subterráneo y que no haya sido absorbida por la vegetación podrá dirigirse hacia la red hidrológica, siguiendo la escorrentía de las cuencas vertientes que rodean el lugar, en este caso de restauración ecológica, se pueden utilizar bio-filtros para mejorar la calidad del vertido.

Limitaciones

- a. En suelo de permeabilidad elevada el agua simplemente se filtrará en el fondo de las zanjas o canales por lo que será necesario recubrirlos de un material impermeable.
- b. La construcción de canales en suelos de roca o que contengan grandes cantidades de piedras o bolos puede ser difícil y costosa.
- c. Si no se controla el flujo pueden aparecer problemas de erosión.
- d. Las tuberías de drenaje deberán cumplir una serie de especificaciones y exigencias técnicas que garanticen la fiabilidad y la durabilidad del sistema a largo plazo.
- e. Es necesario inspeccionar varias veces al año las instalaciones, para así cumplir ciertos requisitos de mantenimiento y alargar la vida útil de la instalación.
- f. Los costos de estas medidas son función de su longitud, del tipo de material a excavar y de su profundidad.
- g. El valor medio de este tipo de medidas se sitúa entre 10 \$/m – 30 \$/m si se ejecutan zanjas (en el caso más económico, únicamente con excavación de zanja perimetral en tierra; y en el caso más caro, excavación en roca o excavación en tierra con zanja hormigonada), y entre 12\$/m – 16 \$/m si se construyen sistemas de drenaje con tuberías y relleno granular.

1.6.5. Control de gases generados

Debido a que una parte importante de los desechos sólidos que se disponen en los emplazamientos es orgánica, se producen emisiones gaseosas, de gas metano, ácido sulfhídrico y algunas bacterias transportadas por aire, debidas a la biodegradación de la misma.

Este proceso de biodegradación tiene cuatro fases:

1. Oxidación
2. Fermentación agria anaeróbica
3. Fermentación anaeróbica desequilibrada con producción de metano
4. Fermentación anaeróbica equilibrada con producción de metano

Se consume el oxígeno contenido en los desechos durante la primera fase, y comienza el proceso de putrefacción cuando se cubren los desechos con otros desechos y con tierra. En esta fase, se desmenuzan los compuestos orgánicos (grasa, proteínas, celulosa) en compuestos fundamentales (aminoácidos, lípidos, azúcares).

Estos compuestos fundamentales sufren otra transformación en la segunda fase, se transforman en H_2 , CO_2 , acetato y lípidos. Como la concentración de lípidos aumenta considerablemente durante este proceso, la segunda fase se llama "fermentación ácida" ó "acidogénica".

Si los desechos tienen contacto con el aire durante esta transformación, son sumamente elevadas las emisiones oloríficas. La concentración de contaminantes en las aguas lixiviadas tiene también un nivel muy alto.

Los productos transitorios de la segunda fase se transforman en CH_4 (metano), CO_2 y H_2O . Estos gases son los productos definitivos de la descomposición orgánica y serán producidos durante un largo tiempo (25 - 40 años).

Tabla 3 Resumen de las fases de fermentación

	Fase Fermentación	Edad del relleno	Gas producido
1	Aeróbica Oxidación	0 – 2 semanas	N_2 , O_2
2	Anaeróbica Fermentación ácida	2 sem. - 2 meses	N_2 , CO_2 , H_2
3	Anaeróbica Fermentación desequilibrada con producción de metano	2 meses – 2 años	CO_2 , CH_4 , H_2
4	Anaeróbica Fermentación equilibrada con producción de metano	2 años – término fermentación (varía entre 25 – 40 años)	CO_2 dióxido de carbono, CH_4 metano
5	Término de fermentación	> 25 – 40 años	

Fuente: Fuertes, H. EIA Relleno Sanitario Santo Domingo ^[52]

El gas generado tiene una composición variable, especialmente la segunda fase de descomposición (fermentación ácida) produce una alta variedad de gases diferentes. En la última fase, el gas de relleno se compone de aproximadamente 55% de metano y 45% de dióxido de carbón. Los otros gases se encuentran como elementos trazas.

De ser el caso, el sistema de detección de pérdidas de gases se ubicará entre dos geomembranas y estará compuesto por una capa de material drenante (de conductividad hidráulica mayor a 1×10^{-2} cm/s) y una red de tuberías que conduzcan los gases hacia las chimeneas.

Como material de construcción de los drenes se puede emplear arena limpia o grava, así como mallas de materiales sintéticos.

El botadero podría contar con una serie de drenes verticales y horizontales, de material granular que permitan la captación y conducción del gas que se pueda formar. Se deberá analizar la potencial generación de gases en cantidad y calidad, de ser necesario se diseñarán sistemas para el tratamiento y liberación de forma que reduzcan al mínimo el daño o el deterioro del medio ambiente y el riesgo a la salud humana.

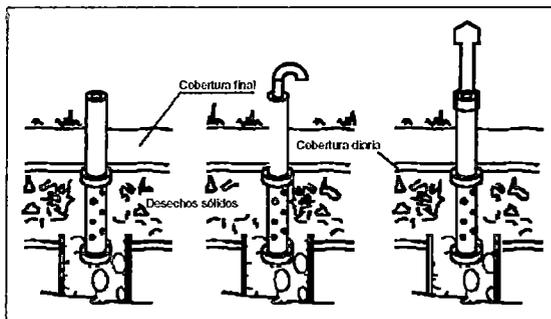


Figura 10: Propuestas para la estructura de salida final del drenaje de gases del relleno Jaramillo ^[53]

1.6.6. Control de lixiviados

La generación de lixiviados se produce principalmente por la biodegradación de la materia orgánica de los desechos sólidos depositados ó cuando el agua de lluvia, o de escorrentía superficial, atraviesa el residuo vertido y se carga de sustancias contaminantes en disolución.

El volumen de lixiviado generado en un botadero depende de los siguientes factores:

1. Precipitación pluvial en el área del relleno.
2. Escorrentía superficial y/o infiltración subterránea.
3. Evapotranspiración.

4. Humedad natural de los residuos sólidos.
5. Grado de compactación.
6. Capacidad de campo (capacidad del suelo y de los residuos sólidos para retener humedad).

El volumen de lixiviado está fundamentalmente en función de la precipitación pluvial, la escorrentía y las lluvias que caen en el área de disposición final, por la precipitación directa sobre los residuos depositados o por el aumento de infiltración a través de las grietas en el terreno.

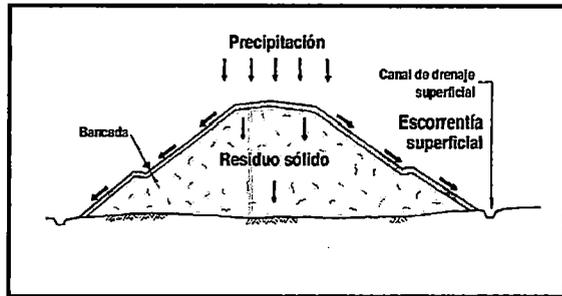
Por la localización del emplazamiento, las tasas de lixiviados esperadas pueden variar; al ser difícil obtener información local sobre los datos climatológicos, se suelen utilizar coeficientes que correlacionan los factores antes mencionados con el fin de precisar el volumen de lixiviado producido.

Los lixiviados pueden contaminar los suelos o las aguas superficiales y subterráneas situadas aguas abajo de los emplazamientos, se deberá sellar los residuos a disponer y evitar la entrada de agua de lluvia en la masa de residuos de manera tal que el lixiviado que se genere en el interior de la misma será única y exclusivamente el procedente de la descomposición de los residuos, por lo que el caudal a tratar irá disminuyendo conforme la masa de residuos se degrade.

En condiciones normales, el lixiviado se encuentra en el fondo de los sitios de disposición de desechos sólidos, desde allí su movimiento en emplazamientos sin aislamiento es hacia abajo a través del estrato inferior, aunque también puede producirse algún movimiento lateral, según las características del material circulante.

Se debe encontrar un punto bajo hacia donde se dirija el flujo subterráneo, se concentre, pueda captarse los lixiviados generados y extraerse por gravedad, dependiendo de la cantidad de lixiviado, se puede realizar su absorción con material de la zona o su captación mediante el bombeo o canalización hacia una balsa de tratamiento. Estos sistemas se diseñan e instalan en rellenos sanitarios de nueva construcción, pues para emplazamientos de botaderos ya existentes esta configuración es muy costosa. En estos últimos, la alternativa consiste en colocar un sistema de recogida perimetral y, o, pozos verticales de extracción perforados en el propio residuo vertido.

Figura 11: Ejemplo de Loma para escorrentía superficial, Fuertes, H.EIA Relleno Sanitario Santo Domingo ^[52]



El método más sencillo consiste en un sistema de recogida perimetral mediante excavación de zanja en

tierras, relleno granular de la misma y construcción de una balsa de lixiviados para su recogida, a la cual llegan los lixiviados por gravedad. Los lixiviados no deben acumularse en los residuos depositados, para ello, el dimensionamiento del sistema de drenaje de lixiviados debe ser realizado de forma que garantice la capacidad suficiente de evacuación en momentos de elevada generación de lixiviados y, por otra parte, que en caso de fallo del sistema este siga disponiendo de una capacidad de evacuación adecuada.

Los lixiviados recogidos deben ser tratados a continuación. En el caso de lixiviados "nuevos" se recomienda aplicar un tratamiento biológico debido a su elevada carga orgánica. En el caso de lixiviados "viejos" se recomiendan tratamientos físico-químicos.

Los sistemas de captación deben cumplir una serie de exigencias, que se enumeran a continuación:

1. Los lixiviados no deben acumularse en los residuos vertidos y para ello el sistema de drenaje debe ser dimensionado de forma que garantice la capacidad suficiente de evacuación en momentos de elevada generación y que en caso de fallo del sistema, se siga disponiendo de una capacidad de evacuación adecuada.
2. El sistema debe resistir a largo plazo los fallos originados por deformaciones mecánicas, agresividad química u obstrucciones por sustancias incorporadas en los líquidos drenados de los vertidos.

Existen alternativas de gestión de los lixiviados recogidos que se consideran más apropiadas para el caso de botaderos a cielo abierto:

Evaporación de lixiviados.- Uno de los sistemas más sencillos para la gestión de lixiviados implica el uso de estanques recubiertos para la evaporación de los lixiviados recogidos. En lugares lluviosos, la instalación para el almacenamiento de lixiviados se cubre durante la época lluviosa con una geomembrana, para

excluir las aguas de lluvia. Se evacua el lixiviado acumulado mediante evaporación durante los meses cálidos, destapando la instalación de almacenamiento. Esta alternativa conlleva el problema de generación de olores. Durante la época seca, cuando se destapa el estanque, y se liberan los gases olorosos que pueden quedarse acumulados bajo de la tapa superficial, puede ser necesaria una aireación superficial para controlar los olores.

1.6.7. Técnicas de remediación, rehabilitación y biorremediación de los contaminantes orgánicos en el suelo de un botadero

El término “remediación” implica la realización de acciones para la corrección, minimización o mitigación de los riesgos para la salud y el medio ambiente, causados por la exposición a un sitio contaminado. Con un criterio más amplio, se habla de “rehabilitación” de sitios contaminados, que comprende la remediación y el establecimiento de un plan de acondicionamiento y ordenamiento para un determinado uso. CEPIS Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos - Fichas Temáticas ^[47].

Los proyectos de remediación están dirigidos a la degradación de contaminantes orgánicos U.S. EPA, 2001 ^[78]; las empresas autorizadas para remediar suelos emplean biorremediación, siendo el compostaje y la biolabranza las técnicas más usadas según Volke Sepúlveda y Velasco Trejo ^[62].

Por Biorremediación se refiere a los sistemas que utilizan organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, entre otros), para remover (extraer), degradar (biodegradar) o transformar (biotransformar) compuestos orgánicos tóxicos en productos metabólicos menos tóxicos o inocuos (Volke-Sepúlveda et.al.)^[62]. Estos organismos vivos empleados pueden ser autóctonos (propios del sitio) ó exógenos (fuera del sitio), y el proceso puede llevarse a cabo en presencia de oxígeno (aerobio) o en ausencia de éste (anaerobio).

Biorremediación

La biorremediación in situ, se realiza en el propio espacio contaminado, sin extraer el suelo, mediante técnicas económicas, con diversas ventajas, como son; el menor costo de inversión (instalación y operación); tecnología simple y de fácil aplicación; es un tratamiento seguro con un mínimo de riesgos a la salud, es tecnológicamente efectivo, y es más amigable con el suelo a tratar, al utilizar

tecnologías biológicas ^[62]. Entre las tecnologías in situ más comunes, se encuentran las siguientes:

Biolabranza

El suelo contaminado se mezcla con agentes de volumen (pajas, material de poda), nutrientes y suelo limpio; los microorganismos del suelo requieren oxígeno para degradar la materia orgánica (DBO Demanda Bioquímica de Oxígeno), por lo que se remueve o labra periódicamente para favorecer su aireación. El control del pH, temperatura y aireación ayudará a optimizar la velocidad de degradación del contaminante, también pueden incorporarse cubiertas u otros métodos para controlar los lixiviados. La biolabranza puede confundirse con el composteo, pero la diferencia es que en la biolabranza el suelo contaminado se mezcla con suelo limpio y agentes de volumen para su remediación, y en el composteo la pila se realiza sobre el suelo contaminado ^[62]. Se ha tenido éxito en la descontaminación de suelos con diesel, gasolinas, lodos procedentes de vertederos de aceites, feniliclidina, hidrocarburos aromáticos como la creosota, combustibles como el coque, pesticidas e hidrocarburos de petróleo ^{[51][56]}.

Fitorremediación

En esta técnica la vegetación absorberá los contaminantes del suelo, los mantendrán en su estructura y los degradará, puede ser la fitofiltración como biorremediación de agua; la fitovolatilización de compuestos orgánicos, donde la raíz de la planta absorberá el contaminante, lo transporta por su estructura y las hojas lo desechan por volatilización, la rizorremediación, donde la raíz es la que efectúa el proceso de biorremediación. La rizósfera es el espacio que rodea a la raíz, es hábitat de ciertos microorganismos, que se alimentan de las proteínas, polisacáridos y exudados (ricos en nutrientes) que secretan y excretan, los que aprovecha por ejemplo la bacteria que degrada los hidrocarburos; además de compuestos inorgánicos a base de cadmio, cromo (VI), cobalto, cobre, plomo, níquel, selenio y zinc ^{[31][51]}. Esta técnica también es eficiente en la remoción de metales radioactivos y tóxicos del suelo y agua.

Las plantas con mayor potencial para la fitoextracción de metales son las especies metalofitas, plantas que gracias a diversos mecanismos fisiológicos sobreviven, muchas veces de forma endémica, en suelos que presentan niveles elevados de metales y por ello, son endémicas de suelos con afloramientos naturales de minerales metálicos. Dentro de ellas, las plantas denominadas hiperacumuladoras son de gran interés pues presentan de forma natural una impresionante capacidad para tolerar, absorber y acumular elevadas concentraciones de metales en sus tejidos. Estas rarezas botánicas han de ser preservadas pues, además de su valor intrínseco como parte de una biodiversidad vegetal, son una herramienta biológica valiosísima para la recuperación de suelos contaminados por actividades industriales y mineras ^{[31][33]}.

Proceso	Mecanismo	Contaminantes
Fitoestabilización	Complejación	Orgánicos e inorgánicos
Fitoextracción	Hiperacumulación	Inorgánicos
Fitovolatilización	Volatilización a través de las hojas	Orgánicos e inorgánicos
Fitoimmobilización	Acumulación en la rizosfera	Orgánicos e inorgánicos
Fitodegradación	Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes	Orgánicos
Rizofiltración	Uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes del agua	Orgánicos e inorgánicos

(Ghosh y Singh, 2005)

Figura 12: Mecanismos de fitoremediación, Delgadillo-López, A. ^[33]

La atenuación natural

Se lleva a cabo en el sitio contaminado dejando que el suelo se recupere por sí mismo, no está identificada como una tecnología porque es un proceso de descontaminación natural, mediante mecanismos de degradación natural y sucesión de especies.

El compostaje

Es una técnica ex situ, es un proceso de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas, particularmente de humedad y aireación, en el cual participan bacterias, hongos y actinomicetos; obteniéndose un material relativamente estable llamado humus (Félix Herrán et.al., 2006)^[51]. Es una solución de bajo costo y tecnológicamente efectiva para remediar suelos contaminados por residuos orgánicos peligrosos como los hidrocarburos de petróleo (HTP), solventes, explosivos, pesticidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y metales pesados, este efecto benéfico podría estar relacionado con la biomasa microbiana y con los ácidos húmicos y fúlvicos

presentes en el humus (Félix Herrán et al., 2007, U.S. EPA, 1998; U.S. EPA, 1997) ^{[51][78]}.

Los principios básicos del compostaje de residuos peligrosos ó contaminantes orgánicos son los mismos que para el compostaje de desechos no peligrosos, para ambos deben considerarse la aireación, los microorganismos requieren oxígeno para degradar la materia orgánica (DBO), la temperatura, arriba de 65°C, la degradación se vuelve más lenta además de que ciertos grupos microbianos son termolábiles, la humedad es esencial para este proceso porque las bacterias requieren condiciones de humedad para degradar la materia orgánica, la necesidad de agua y oxígeno es alta al principio del proceso porque la actividad biológica es muy alta.

Las estrategias de biorremediación por compostaje se basan en la adición y mezclado de los componentes primarios de una composta (aserrín, paja, bagazo, estiércol, composta madura y desechos agrícolas) con el suelo contaminado, de manera tal que conforme la composta madure, los contaminantes son degradados por la microflora activa dentro de la mezcla (Volke Sepúlveda y Velasco-Trejo, 2002) ^[63].

La técnica a utilizar en Las Lomas será una rehabilitación por atenuación natural, fitovolatilización, rizoestabilización y rizorremediación; utilizando las raíces para estabilizar los residuos tal que se reduzca el asentamiento natural por efecto de la descomposición de residuos orgánicos, las raíces serán preferentemente micorrizadas para acelerar el proceso de degradación de los residuos.

1.7. RECUPERACIÓN DE BOTADEROS CON VEGETACIÓN, EXPERIENCIAS Y TÉCNICAS

1.7.1. Utilización de Vegetación nativa

La fitoremediación es una técnica que utiliza plantas que pueden crecer y realizar sus funciones fisiológicas en suelos muy contaminados, debido a que poseen sistemas rizosféricos favorables al establecimiento de bacterias y hongos que degradan, mineralizan o estabilizan los contaminantes orgánicos o inorgánicos contenidos en los lixiviados, tal que se puedan transformar en compuestos inocuos como el bióxido de carbono y agua. La Fitorremediación permite tratar lixiviados por 250m³/ha/año, se puede combinar técnicas de rizerremediación con la fito extracción.

Por otro lado, el empleo de los terrenos de rellenos sanitarios clausurados ha sido usualmente el uso agrícola-forestal (Wallace, R.B)^{[28][36]}. Esta solución de bajo costo puede tener efectos negativos sobre la vegetación por los niveles de toxicidad que se producen al interior de los rellenos sanitarios ^[36]. Se deben seleccionar convenientemente la vegetación que no sea comestible ni por su manipulación libere sustancias acumuladas en sus tejidos, como el uso de leña.

Vegetación de especies pioneras

Las especies vegetales a emplear en el proceso de biodegradación de residuos obedecen a su capacidad de adaptación a condiciones adversas y con características particulares, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de España en su “Manual para Operación de Rellenos Sanitarios” ^[49] señala para la selección de la vegetación, sus características deseables son:

1. Raíces poco profundas
2. Pasto de rápido crecimiento
3. Resistencia al biogas
4. Capacidad para soportar la falta de agua
5. Las raíces del pasto deben extenderse horizontalmente sobre el área para prevenir la erosión.

Los factores que condicionan la elección de especies vegetales capaces de cubrir continuamente el suelo con pasto o césped son muy diversos,

climatología, latitud, suelo, etc. Por lo tanto, es muy difícil determinar con acierto la especie o especies adecuadas en cada ocasión.

El Ministerio del Ambiente y Calidad de Vida de Francia (1985) ^[55] señala una serie de posibilidades de implantar especies tanto arbóreas como herbáceas, las cuales podrían adaptarse a las condiciones de suelo que posee un relleno sanitario, esto es, delgada capa de suelo, alta concentración de gases como CO₂, CH₄, y alto contenido de metales pesados entre otros. (Olaeta, José) ^[55] señala que es necesario instalar especies “pioneras”, las cuales soportarán las condiciones más adversas, y por su agresividad de crecimiento crearán un microclima apropiado. Una recomendación es la incorporación de plantas con micorrizas para incrementar la capacidad de absorción de contaminantes, la planta recibirá del hongo el nutriente, minerales y agua del proceso de la descomposición de los residuos; a su vez, el hongo obtendrá de la planta hidratos de carbono y vitaminas que él por sí mismo es incapaz de sintetizar.

La Grega 1996 (manual Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales e Impacto Ambiental de educación a distancia de la CEPAL-OPS y la Universidad de Córdoba) ^[56] señala que la recuperación del área instalada tiene lugar durante un largo periodo de tiempo cubriendo un número de etapas independientes, de vegetación pionera para el mejoramiento de suelo y luego se instalará la vegetación más frágil.

Duane, (cit. Olaeta) ^{[48][55]} menciona canchas de golf y jardines sobre rellenos sanitarios, las especies herbáceas que recomienda son especies leguminosas y gramíneas como trébol blanco y rosado, *Festuca, sp.*, *Lolium, sp.*, *Trifolium, sp.* y *Cynodon dactylon*, Agrostide, Lupino, *Colcua, sp.*, entre otros. Las especies vegetales recomendadas por su mejor desarrollo son el Eucalipto *Eucalyptus globulus*, Aromo *Acacia saligna*, Espino *Acacia caven*, *Parkinsonia Parkinsonia aculeata*, Acacio *Robinia pseudoacacia*, Rayo de sol *Mesembryanthemum, sp.*, *Gazania, sp.*, *Rosa Rosa, sp.*, *Acer negundo*, *Fraxinus exelsior*, Pimiento *Schinus molle*, y *Liquidambar stratiflua*.

Experiencias chilenas en vertederos de Limache, La Feria y Papudo ^[50] reportan la utilización de diferentes tipos de coberturas vegetales con especies vegetales propias del lugar, probadas experimentalmente durante un periodo de 10 años; y que presentan un adecuado crecimiento en las condiciones adversas de los vertederos sanitarios. Las especies con mejor desarrollo fueron. *Eucalyptus*

globulus, Parkinsonia acuelata, Acacia saligna, Robinia pseudoacacia, Schinus molle, Fraxinus excelsior, Acer negundo, Acacia caven, Liquidambar stratiflua, Mesembryanthemum sp, Rosa sp, festuca sp, Trifolium. Cynodon dactylon

En Ecuador, (Eva Röben 2002 de la Deutscher Entwicklungsdienst (DED) y la Ilustre Municipalidad de Loja)^[60], recomienda la utilización de especies arbóreas y arbustivas porque "... ayuda considerablemente a minimizar daños ambientales; además, contribuye a estabilizar los taludes y disminuye la cantidad de las emisiones". Las especies utilizadas no fueron necesariamente nativas, estuvieron destinadas a objetivos y lugares específicos para la etapa de cierre de un relleno sanitario, como minimización de olores, control de vientos, mejoramiento de aspecto visual, absorción de aguas lixiviadas escurridas por los taludes, estabilización de los taludes, protección de malos olores, moscas, polvo y objetos livianos traídos por el viento; recomienda además que no se intervenga a las plantas que crecen naturalmente en los taludes que se han producido de los mismos desechos o que han proliferado en los alrededores, porque ya están adaptadas y probablemente muestren una buena resistencia a las emisiones del relleno sanitario. Estas plantas se incluirán necesariamente como parte del diseño paisajista.

Destaca las plantas que crecen naturalmente en los rellenos sanitarios de Loja (Sierra) y Macas (Oriente) que fueron observados en cuerpos de basura y taludes de los mismos, la Palitaria *Chenopodium album*, Higuera *Ricinus communis*, Chocho *Lupinus mutabilis*, Zambo *Cucurbita ficifolia*, Sangorache *Amaranthus cruentus*, Pullaco *Heliopsis canescens*, Guanoco blanco *Brugmansia candida*, Tabaco *Nicotiana tabacum*, Chilco *Baccharis latifolia*, Monte de gallinazo *Cycopersicon hirsutum*, grama y verbena; los observados en cunetas de drenaje son el Zambo *Cucurbita ficifolia*, Camotillo *Ipomoea tricolor*, Balza *Oeroma pyramidale*, Hortiga, Chilca *Veronica baccharoides*, Romerillos *Cornutia nigra cortycina*, Sangorache *Amaranthus cruentus*, Tarapo *Austrocupatorium inulaefolium*, Zig-zig *Loitaderia jubata*, entre otras; en la cercanía a chimeneas el Zambo *Cucurbita ficifolia* y la naranjilla silvestre; por último en los alrededores del cuerpo de basura el Chocho *Lupinus mutabilis* y el Chilco *Baccharis latifolia*. La vegetación similar a la encontrada en Las Lomas fue la Higuera *Ricinus communis*.

Este estudio no menciona el tipo de riego o mantenimiento, estimándose que se dejó al clima el mantenimiento natural de esta vegetación.

Por otro lado, Röben ^[60], recomienda para el cierre se debe esparcir el suelo orgánico, retirado al momento de la apertura, y proceder a la revegetación con plántones recuperados de los alrededores.

Pastos apropiados

Los pastos que se recomiendan por ser muy resistentes o agresivos en su crecimiento son: Agróstide, rastrero o fiorín *Agrostis stolonífera* es una especie que forma un césped muy denso, medra en casi todos los suelos, incluso los ácidos, se extiende con facilidad por estolones subterráneos y superficiales, no soporta el corte continuo, se propaga fácilmente por semilla y por multiplicación vegetativa al comienzo y al final de la estación cálida, son notables la variedades "Penncross", "Toronto", "Seaside" y "Washington". El Popotillo azul *Andropogon scoparius* y *A. Virginicus* comúnmente llamada Anaróspura. Son especies perennes que pueden alcanzar tallo alto, si se abandona la siega. Es apropiada para fijar taludes. Soportan bien los suelos áridos y secos. Deben cortarse siempre por encima de 10 cm. y se pueden multiplicar por plantación vegetativa.

Estas especies al ser muy resistentes se pueden constituir en especies invasoras, por lo que su uso debe ser muy controlado.

El pasto Bermuda *Cynodon dactylon* especie perenne de talla pequeña y muy agresiva, se desarrolla bien en todo tipo de suelos, aunque sean semiáridos o se encuentren al borde del mar, se multiplica fácilmente por semillas, por estolones y por esqueje, durante la estación cálida. Existen infinidad de variedades: "Bayshore", "Oimond", "Sunturf", "Fifgreen", "Uganda", etc.

Pata de Gallo ó Gramínea de huerto *Dactylis glomerata*, especie perenne de talla alta, con hojas anchas y plegadas, planta muy rústica que soporta cualquier suelo aunque resulte seco y poco fértil, se utiliza para céspedes fuertes y poco cuidados, multiplicándose fácilmente por semilla.

En la Tabla 4 se aprecian las especies que mejor se comportaron en dos de los cuatro casos presentados como ejemplos:

Tabla 4 Vegetación pionera empleada en remediación de Vertederos

Nombre común	Nombre botánico	Duane	Ecuador	Chile	otros
Agróstide (pasto pionero)	<i>Agrostis stolonifera</i>				x
Balza	<i>Oeroma pyramidale</i>		x		
Camotillo (en drenaje)	<i>Ipomoea tricolor</i>		x		
Césped Bermuda (pasto pionero)	<i>Cynodon dactylon</i>	x		x	x
Chilca	<i>Veronica baccharoides</i>		x		
Chilco	<i>Baccharis latifolia</i>		x		
Chocho	<i>Lupinus mutabilis</i>		x		
Festuca de oveja (pionero)	<i>Festuca ovina</i>				x
Ganzania	<i>Gazania sp</i>	x		x	
Hortiga	<i>Ortiga sp</i>				
Liquidambar	<i>Liquidambar stratiflua</i>	x		x	
Lolium	<i>Lolium, sp.,</i>	x			
Monte de gallinazo	<i>Cycopersicon hirsutum</i>		x		
Pata de Gallo (pionero)	<i>Dactylis glomerata</i>				x
Rayo de sol, clavel chino	<i>Mesembryanthemum, sp.</i>	x		x	
Romerillos	<i>Cornutia nigra cortycina</i>		x		
Sangorache	<i>Amaranthus cruentus</i>		x		
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>		x		
Trébol blanco y rosado (pionero)	<i>Festuca sp.</i>	x		x	
Zambo (en drenaje y chimeneas)	<i>Cucurbita ficifolia</i>		x		
Trifolium	<i>Trifolium, sp.</i>	x		x	
Zig-zig	<i>Loitaderia jubata</i>		x		
ARBOLES, PALMERAS					
Acacio	<i>Robinia pseudoacacia</i>	x		x	
Arce	<i>Acer negundo</i>			x	
Aromo	<i>Acacia saligna</i>	x		x	
Ciprés	<i>Cupresus sempervirens</i>			x	
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	x		x	
Eritrina	<i>Erythrina umbrosa</i>			x	
Espino	<i>Acacia caven</i>	x		x	
Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>			x	
Guanoco blanco	<i>Brugmansia candida</i>		x		
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>		x		
Ombu	<i>Phytolaca dioica</i>			x	
Palitaria	<i>Chenopodium album</i>		x		
Parquinsonia	<i>Parquinsonia aculeata</i>	x		x	
Pimiento, Molle serrano	<i>Schinus molle</i>	x		x	
Pullaco	<i>Heliopsis canescens</i>		x		
Sangorache	<i>Amaranthus cruentus</i>		x		
Washingtonia	<i>Washingtonia robusta</i>			x	

Fuente: resumen de varios autores ^{[48][50][60]}
Elaboración: Propia

Del cuadro observamos dos especies se han encontrado en el bosque seco de las Lomas, la Higuerilla *Ricinus comunis* y la Parkinsonia *Parquinsonia aculeata*; la Higuerilla es una especie procedente de Abisinnia, Africa.

Especies de Perú son el árbol Molle serrano *Schinus molle*, que también tiene un buen comportamiento a la falta de agua y como especie pionera se menciona al

césped Bermuda *Cinodon dactylon*. Las acacias también son utilizadas y recomendadas con bastante frecuencia.

1.7.2. Mortalidad de la vegetación

La profundidad de cobertura influye en la mortalidad de la vegetación, las especies vegetales presentan un menor desarrollo radical a medida que la profundidad aumenta porque las condiciones adversas se incrementan, calidad y tamaño de los materiales dispuestos como escombros o lodos, que presentan condiciones agresivas para el desarrollo radicular. Estas apreciaciones son corroboradas por La Marca (cit. Olaeta) ^[56] en un trabajo de reinserción en un vertedero en Firenze Italia, con 9 especies vegetales: *Fraxinus ornus*, *Pyacantha coccinea*, *Quercus pubescens*, *Acer campestre*, *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus ornus*, *Cupressus sempervirens*, *Crategus monogyna*, *Piracantha coccinea*, *Spartium junceum* y *Euonymus japonicum*. Debo anotar que son condiciones climáticas muy diferentes a las del botadero Las Lomas, en particular por que el ciclo de precipitaciones es más prolongado y es de muy baja precipitación anual.

1.7.3. Requerimientos para instalar la vegetación Suelo Conveniente.

La característica más convenientes del suelo para la propagación de la vegetación y permitir la degradación de residuos contaminados es el que tiene un buen porcentaje de material poroso en su estructura tal que incremente el oxígeno del suelo; se determinará mediante el análisis de los siguientes parámetros:

1. pH
2. Fósforo
3. Potasio
4. Conductancia
5. Sales Minerales
6. Materia orgánica

Para efectuar éste análisis, se obtienen muestras de la capa superficial de suelo, se toma una porción de dicho suelo de 20 cc se mezcla y se prueba. Para dicho muestreo, se efectúan los siguientes pasos:

1. Hacer un corte en el suelo.

2. Remover la vegetación de la superficie.
3. Quitar los montículos que se encuentren.
4. No tomar muestras en los caminos, ni lugares cercados.

El pH deberá fluctuar en un rango de 5 a 8, si está arriba de 8 los elementos necesarios para el cultivo no deben de ser solubles. Si el pH es menor que 5 puede favorecer que dichos elementos sean tóxicos. En general el pH aceptable debe ser de 6.5. Los suelos ácidos (por debajo de 7), pueden equilibrarse, agregándoles cal.

El desarrollo de la vegetación, depende de tres nutrientes principales: nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno se encuentra en la materia orgánica y puede presentarse en forma amoniacal. El nitrógeno amoniacal es comúnmente utilizado, es altamente inestable y se volatiliza al contacto con el aire. La mayoría de los pastos pioneros necesitan entre 89 y 110 kilogramos de nitrógeno por hectárea por año, para mantenerse en buenas condiciones. Aún si el suelo contiene una gran cantidad de materia orgánica, normalmente requiere más nitrógeno. El fósforo es el segundo elemento de los fertilizantes que se considera bueno para el crecimiento de las plantas. Normalmente son necesarios de 89 a 110 kilogramos/hectárea.

De manera adicional es importante agregar al suelo una base con pH. En la Tabla 5, se presenta un promedio de la cantidad de pH necesario.

Tabla 5 Necesidades de pH

pH	Kg/Ha
6.2 a 6.8	56
6.9 a 7.5	90
7.5 o más	112

Fuente: Governmental Collection and Disposal Association, citado Cáceres, A. ^[14]

El potasio es el tercer elemento de los fertilizantes, bueno para el desarrollo de la planta, es más estable que el nitrógeno, no es rápidamente absorbido por el suelo. Aproximadamente se requiere entre 89 a 110 kilogramos/hectárea de potasio para estabilizar la vegetación, para que la planta se mantenga en buenas condiciones, se debe aplicar entre 10 a 15 kilogramos de potasio y fósforo, dos a tres veces al año.

Paja

La paja o fibra orgánica se puede colocar en la pendiente de los taludes para disminuir la erosión del suelo, además conserva la humedad y disminuye la

posibilidad de que crezca la maleza. Esta fibra orgánica puede ser de hierba seca, de vainas secas de cereales, etc.

1.7.4. Instalación de la vegetación

Criterios de selección

Se obtendrán plantones en viveros o sitios especializados de la localidad, de no obtenerse las especies requeridas se obtendrán comprándolos en la zona más cercana al botadero, los árboles deberán medir sobre 1.5 m de altura, los arbustos entre los 25 cm y 40 cm.

Las especies a ser utilizadas serán las obtenidas sólo de semilla, no se plantarán las reproducidas por acodo, no presentan buen comportamiento radicular.

Sembrado y Protección de árboles

Hacer un hoyo de 50 cm x 50cm x 50 cm en el que se colocará tierra similar a la de donde se ha obtenido el plantón, de ser una especie de invernadero se colocará tierra de chacra en la base, procediéndose a plantar, estacar y colocándose el sistema de riego por goteo.

1.7.5. Sistema de Riego

El sistema de riego a emplear requiere evitar la filtración que genere lixiviados y al mismo tiempo sostener el desarrollo de la vegetación instalada hasta que pueda medrar por sí misma, el sistema recomendable es el de riego por goteo.



Figura 13 Sistema de riego con microrreservorio Ing. Agr. Marcelo Gregorio Gómez, Bolivia

Riego por goteo

Con este sistema la humedad en las raíces es continua, aportando gota a gota el agua necesaria, el agua se conduce a través de tuberías o micro-reservorios y se libera gota a gota justo en el lugar donde se ubica la planta. El agua se infiltra en el suelo produciendo una zona húmeda restringida a un espacio concreto. Este espacio funciona en vertical y en horizontal formando lo que se llama “bulbo de humedad”, por su forma. Se mantiene la humedad necesaria en la zona radicular de cada planta.

Se moja sólo en la zona alrededor de las raíces. La humedad del bulbo húmedo varía, de acuerdo a las características del suelo, la cantidad de agua y la duración del riego. Como resultado se obtiene que las raíces limiten su crecimiento sólo a ese espacio. Esta humedad constante en la zona radicular no se podría obtener en el riego por gravedad.

Una forma práctica de determinar cuánto regar es a través de la profundidad de las raíces; la mayor parte de las raíces se sitúa en los primeros 60 cm a 80 cm, produciéndose en esa capa de suelo cerca del 90% de la absorción de agua. Esto indica que el riego debe humedecer hasta esa profundidad mínima para lograr la máxima eficiencia. En el caso de las especies de bosque seco, por las características de sus raíces, éstas requieren que el riego esté colocado más profundamente.

Micro-reservorios

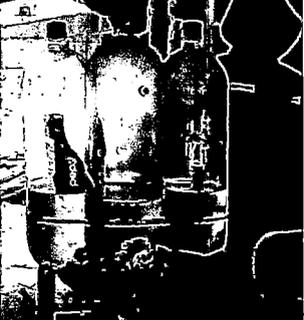
El riego por goteo se logra empleando materiales reciclados en forma de “micro-reservorios” desarrollados por los Ing. Agr. Marcelo Gregorio Gómez, Bolivia e Ing. Agr. Mario Matorel, Perú. Estos microrreservorios son confeccionados con botellas plásticas recicladas, en cada caso, ambas técnicas y tecnología de confección difieren ligeramente por la cantidad de agua filtrada, pero ambos microrreservorios contribuyen a disminuir el estrés hídrico causado por la falta de lluvia y la excesiva evapotranspiración producida por las altas temperaturas de las regiones desérticas. Ambos sistemas permiten mantener un nivel de humedad constante, sin que se produzcan fluctuaciones bruscas en el contenido de agua en el suelo.

El sistema consiste en 1 botella plástica de gaseosa a las que se le hace una perforación de 2 mm de diámetro en la base. La botella es llenada con agua y se la tapa. Al taptarla, la presión atmosférica hace que el agua salga en forma de gotas por el orificio practicado, pudiendo aumentarse o disminuirse la velocidad de salida del líquido. La botella se cuelga de un alambre, quedando suspendida sobre el suelo a una altura que permita su cómoda operación por parte de quien las maneja. La botella lleva un gancho de alambre alrededor del pico, lo que permite colgarla como una percha. Todos los días, excepto los días de lluvia, las plantas deberán ser regadas dejando gotear el contenido de las botellas de 1,5 l a 3 l. Para recargar la botella con agua, una persona camina junto a las líneas, descuelga las botellas, las destapa y sumerge en un tacho con agua a fin de

llenarlas y las vuelve a tapar colgándolas de nuevo en su posición original. Las condiciones se deben determinar para cada planta específica y ajustar la cantidad vertida de agua de manera experimental. En el caso de la vegetación del bosque seco, las raíces de los árboles son pivotantes y profundas, el dispositivo de riego deberá ser colocado lo más profundamente posible, para que las raíces crezcan con su mismo patrón natural.

El Micro-reservorio del Ing Mario Matorel García, Piura

Basado en el mismo principio descrito y adaptado a las características de las botellas plásticas utilizadas en Piura y Perú en general, incorpora 4 botellas plásticas de 3 lts de capacidad cada una, unidas entre ellas con un alambre y rafia. El sistema se construye con un catéter para conseguir un sistema de vasos comunicantes. Cada botella filtra agua para aproximadamente 6 días, con lo que este sistema permite regar casi 1 mes sin recarga, el dosificador está hecho con fibras de rafia a fin de que no se descomponga con la humedad.

<p>Para su utilización se unen cuatro botellas plásticas descartables y se unen mediante un catéter para obtener vasos comunicantes entre ellas.</p> <p>Figura 14: Microrreservorio del Ing. Mario Matorel cuatro botellas unidas foto Ing. Gladys Monge, nov 2010</p>	
<p>Se perfora una de las cuatro botellas unidas a dos alturas, una en la parte inferior y otra en la parte superior, lo cual hará filtrar el agua en dos tiempos</p> <p>Se dosifica con un filtro de rafia.</p> <p>Figura 15: Microrreservorio perforación, foto Ing. Gladys Monge, nov 2010</p>	
<p>Se llenan de agua las cuatro botellas unidas y se prueba su correcta filtración</p> <p>Figura 16 Microrreservorio en prueba foto Ing. Gladys Monge, nov 2010</p>	

Conclusiones

1. La restauración del paisaje de un área degradada por residuos sólidos se apoya en un tratamiento de fitorremediación, con la utilización de semillas y vegetación local, que permitirá recuperar las condiciones ambientales originales.
2. La restauración del paisaje requiere utilizar el Geosistema como síntesis de los procesos ecológicos, siendo las comunidades vegetales las que reflejen unidades homogéneas como un mosaico paisajista.
3. La fragmentación del paisaje es posible ser revertida diseñando redes de conservación tal que se estructuren parches mayores a través de conectores que permitan el flujo de las especies a diversas escalas. En el diseño de las redes, se priorizarán las conexiones en "T" o en "X" por que favorecen la mayor posibilidad de intercambio de especies. Estas se desplazarán y constituirán el renovado hábitat.
4. La morfología del área a ser recuperada obedece a aspectos ambientales y ecológicos que se entretujan para recuperar el paisaje.
5. La legislación peruana no trata específicamente sobre la recuperación del paisaje en áreas de botaderos clausurados, para el caso de Las Lomas la base legal a la que se puede recurrir son los artículos que tratan de la protección de la riqueza biológica como patrimonio natural. El artículo 92° del DS. N°057-2004 menciona que al recuperar un área utilizada como botadero las características biológicas del área y su entorno deberán ser "sanitaria y ambientalmente recuperadas en concordancia con el desarrollo y bienestar de la población".
6. La Fitorremediación, dependiendo de las características de los lixiviados, permite tratar lixiviados por 250m³/ha/año; en el caso de Las Lomas, se combinará las técnicas de rizorremediación con la fito extracción.
7. La vegetación que no sea comestible ó la que por su manipulación libere sustancias acumuladas en sus tejidos, deberán ser eliminadas mediante incineración.
8. Las especies denominadas "pioneras" deberán tener características de rápido crecimiento, resistencia al biogás, adaptadas a climas extremos y soportar la falta de agua.

9. Las especies utilizadas tienen por sus características, objetivos y lugares de instalación específicos, utilizándose para la estabilización de los taludes, la minimización de olores, el control de vientos, el mejoramiento de aspecto visual, la absorción de aguas lixiviadas escurridas por los taludes, la protección contra los malos olores, las moscas, el polvo y los objetos livianos traídos por el viento como las bolsitas plásticas;
10. Se deben mantener las plantas que han crecido naturalmente en los botaderos porque ya están adaptadas y probablemente muestren una buena resistencia a las emisiones de la descomposición de los residuos.
11. La Higuierilla *Ricinus comunis*, la Parkisonia *Parkinsonia aculeata* y el Molle serrano *Schinus molle* son especies que también se encuentran en la costa Peruana y que ya han sido probadas en casos similares en Chile y Ecuador, pero tiene dos diferencias fundamentales, en ambos casos los rellenos sanitarios tienen aislamiento de geotextil y en ambos climas la precipitación pluvial es superior.

CAPITULO II OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Restaurar el paisaje del área clausurada del botadero a cielo abierto del distrito Las Lomas utilizando especies vegetales nativas no comestibles del bosque seco.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.2.1 Elaborar la síntesis de unidades paisajistas en el bosque seco de Las Lomas y aplicar el método de Ecología del Paisaje en la unidad paisajista que contenga el botadero de Las Lomas en su contexto ecológico como bosque ralo seco de lomas y lomadas.
- 2.2.2 Determinar el grado de fragmentación de la unidad paisajista que contenga el botadero las Lomas
- 2.2.3 Determinar la importancia de la restauración de esta zona para la recuperación y re-establecimiento de las redes ecológicas
- 2.2.4 Determinar la vegetación existente y su grado de adaptación en áreas cercanas al botadero, establecer los volúmenes de vegetación, procesos y técnicas para instalar la vegetación pionera.
- 2.2.5 Diseñar un modelo Eco-paisajístico final para la cubierta final del botadero Las Lomas considerando incorporar las técnicas remediación para la disposición final.
- 2.2.6 Instalar vegetación pionera nativa y producir un estado inicial de riego y mantenimiento para propiciar su crecimiento.
- 2.2.7 Mostrar la probable restauración del bosque seco mediante técnicas de fotomontaje.

CAPITULO III EL PAISAJE DE PIURA

Piura se ubica en la zona de transición entre los Andes Centrales y los Andes Septentrionales, entre el Mar Frío de la Corriente Peruana y el Mar Ecuatorial entre el Desierto Hiperárido del litoral sureño y central del Perú como continuación del desierto de Atacama, y el Bosque Tropical Ecuatorial (Troncos J., Reusche S., Valladolid B. 1999) [2][1].

Según la clasificación por ecorregiones para el Perú (Brack, A. et.al.) [2], podemos afirmar que en el departamento de Piura se puede distinguir seis ecorregiones: El mar Tropical, el mar frío de la Corriente Peruana, el desierto del Pacífico, El Bosque Seco Ecuatorial, la Selva Alta y el Páramo.



Figura 17: Mapa del departamento de Piura [26]

3.1. EL BOSQUE SECO MUY RALO DE LOMADAS Y COLINAS

Los bosques secos ocupan alrededor de un 22% de las áreas arboladas de Sudamérica, sufren un periodo seco donde árboles y arbustos pierden las hojas, antes del inicio de la estación lluviosa –que puede ser muy húmeda- los árboles comienzan a brotar sus nuevas hojas, en esta estación el bosque es un manto uniforme de color verde. (Smith, R, Smith, T. 2006) [8]

El bosque seco piurano es el resultado de un clima cálido, desértico y oceánico, así como de sus variaciones cíclicas. La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1955-1991) es 31.0°C y 18.1°C, respectivamente.

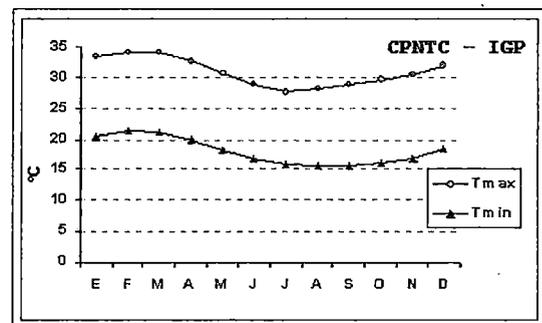
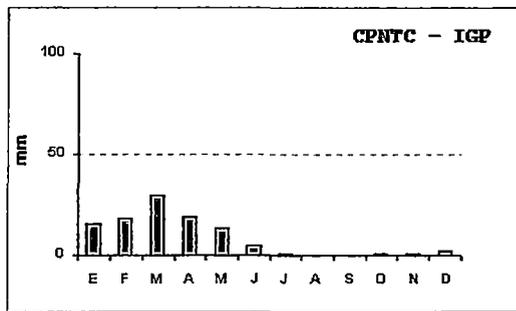


Figura 18: Promedios multianuales de temperaturas máximas y mínimas Periodo 1955-1991 [72]

La precipitación media acumulada anual para el periodo 1955-1991 es 103,2 mm. Existe una variabilidad climática por la ocurrencia del fenómeno de El Niño, que origina precipitaciones extraordinarias, por ejemplo de agosto de 1997 a julio de 1998 se alcanzó 1,909 mm y en el mismo periodo de 1982-1983 se acumuló

una precipitación de 2,148 mm. En ambos casos las precipitaciones más intensas ocurrieron entre los meses de diciembre a junio. [72]

Figura 19: Promedios multianuales de precipitación acumulada mensual Período 1955-1991 [72]



La zona del distrito de Las Lomas, en la cuenca del río Chira, corresponde al clima de una zona sub-tropical según la clasificación de Koppen y al tipo de clima semi-tropical costero de Pettersen; caracterizados por pluviosidad moderada y altas temperaturas, con pequeñas oscilaciones estacionales. [74]

Específicamente en la parte baja y media de las cuencas, el clima es cálido y seco, típico de la Costa Norte del Perú. Recibe influencia de las variaciones de la Faja Ecuatorial y los cambios de dirección en sentido Este-Oeste de las corrientes marinas de aguas frías (Humboldt) y caliente (Ecuatorial). Estas características ocasionan altas temperaturas ambientales con escasez de precipitaciones, salvo durante períodos cortos y esporádicos de ingresos al hemisferio sur de la corriente marina de aguas calientes (El Niño), y otros como los ocurridos en 1982-83 y 1997-98 de características extraordinarias. [10]

En la parte alta de las cuencas el clima es templado y muy húmedo, característica particular de la sierra norte de la vertiente del Pacífico, motivada por la vecindad con la Línea Ecuatorial y la Cordillera Occidental Andina. En esta zona se producen precipitaciones pluviales generalmente en los cuatro primeros meses del año. Sin embargo, cada cierto número de años se presentan períodos con lluvias de gran intensidad, ocasionadas por nubes provenientes del Atlántico que al vencer la barrera de los Andes se enfrían y precipitan. La humedad relativa promedio osciló entre 70 % y 80 % (Anónimo 2001^a) [3][10][44].

3.1.1. El Geosistema

Considerando la vegetación como el bien integrador de las condiciones del medio, se asume que ésta y el suelo son los resultados de la síntesis ecológica y de los elementos del paisaje, es que el ambiente geomorfológico de Piura, determinado por un relieve relativamente plano en su costa, junto con el clima y sus características particulares, son los factores físicos formadores del paisaje de bosque seco, cuya cobertura vegetal se adapta a esas variaciones

estacionales matizando de color en temporadas de lluvia y en temporada de secano adquiriendo el color del suelo.

Zonas de Vida, Bosque Seco ecuatorial

L. Holdridge, ^{[6][26]} ecólogo alemán clasificó a las regiones del mundo en zonas de vida natural, considerando 3 factores críticos: Biotemperatura, precipitación y humedad, los grupos de ecosistemas o asociaciones vegetales se corresponden a rangos balanceados de estos tres factores climáticos principales; sin importar que cada grupo incluya una cadena de diferentes unidades de paisaje o de medios ambientales. Definiendo “Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, las cuales tomando en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo”

El Perú posee 84 zonas de vida natural y 17 formaciones transicionales de las 103 zonas de vida a nivel mundial. Piura reporta 17 de las 84 zonas de vida Torres, F. ^[26]. ONERN y posteriormente INRENA ^{[6][7]} reconocieron las siguientes eco-regiones: Desierto Desecado Premontano Tropical, Desierto Desecado Sub Tropical, Desierto Desecado Montano Bajo Subtropical, Desierto Desecado Templado Cálido, Desierto Superárido Premontano Tropical, Desierto Superárido Subtropical, Desierto Superárido Montano Bajo Subtropical, Matorral Desértico Templado Cálido.

El bosque seco del noroeste peruano es un ecosistema frágil y por ello se ha declarado dentro de la Reserva de Biosfera del Noroeste que comprende el extremo norte del Perú, en los departamentos de Tumbes (provincias de Contralmirante Villar, Tumbes y Zarumilla) y Piura (provincias de Talara y Sullana) entre los 3°43' y 4°23' de latitud Sur y los 80°07' y 80°54' de longitud Oeste, cubre una superficie aproximada de 231,402 ha. ^[6]

El distrito Las Lomas está comprendido dentro de dos zonas de vida, bosque seco ralo de lomadas **bsr-l** y bosque seco ralo de colinas **bsr-c** (INRENA 1994) ^[6], denominado también bosque estacionalmente seco (Linares, La Torre 2008)^[39], que proporciona un paisaje

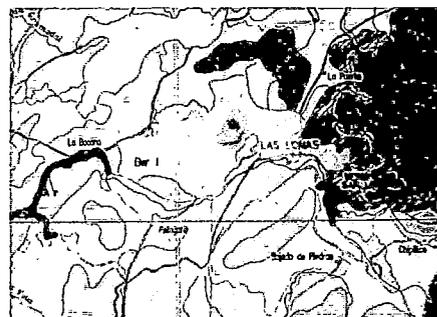


Figura 20: Mapa de Bosques secos INRENA 1994 ^[6]

característico y único a esta zona geográfica.

Brack denomina Ecorregión del Bosque Seco Ecuatorial (Brack) ^[30], a la franja costera de 100 a 150 km de ancho en el departamento Piura. El “bosque seco ecuatorial” se extiende hasta 1,000 m en la cuenca del río Piura y 1,500 m en el valle del río Quiroz (Hocquenghem, A.) ^[4].

El bosque seco de Las Lomas se halla en constante amenaza ante la deforestación para obtener leña o con objetivos agrícolas, En el valle del río Chipillico, hacia el norte de esta ciudad, se han retirado árboles nativos para desarrollar zonas agrícolas de cultivos temporales y se ha utilizado el cauce del río Chipillico con cultivos intensivos. (Zorogastúa) ^[79]

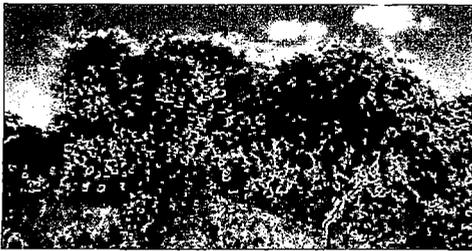


Figura 21: Bosque seco en meses de verano
fotografía Ing. N. Aguilar mayo 2010

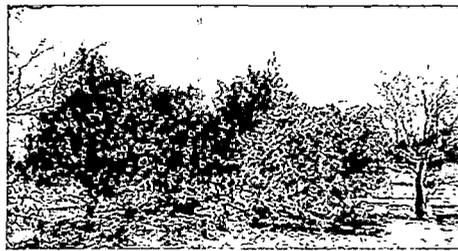


Figura 22 Bosque seco en meses de invierno,
fotografía B. Montoro julio 2010

3.1.2. EL ENSO

El Fenómeno del Niño

El fenómeno del “Niño”, es una parte de la variabilidad global de las corrientes de la costa sudamericana, ENSO por sus siglas en inglés (El Niño South Oscillation), se manifiesta por un aumento de la temperatura del aire (especialmente en zonas costeras) y del océano, disminución de la presión atmosférica e incremento del nivel del mar, lo que provoca la disminución de la velocidad de los vientos y generalmente un crecimiento considerable de las precipitaciones.

El ENSO produce también el incremento del volumen de los caudales del río Chipillico y un permanente verano, debido a que la temperatura atmosférica de la costa fluctuó (en 1997), entre 18°C (la mínima) y 30°C (la máxima).

El Niño ha generado y modelado el paisaje piurano, y periódicamente lo regenera reordena y ofrece nuevas oportunidades a las actividades humanas (Torres, F) ^[26], mantiene el ecosistema de bosque seco; en las conclusiones de A. M. Hocquenghem ^[4] se observa como campesinos y hacendados piuranos

percibían a EL NIÑO a fines del siglo XIX revela el significado que tenía para la vida de esta sociedad:

“Un evento EL NIÑO muy fuerte o extraordinario es una catástrofe: las lluvias causan mayores daños en los edificios de las ciudades, en los sistemas de comunicación y de irrigación, pero permiten cosechar en los temporales, el pasto abunda para los animales y el bosque seco se extiende.

Un evento EL NIÑO fuerte es temible: las lluvias pueden afectar las urbes, los sistemas de comunicación y de irrigación, pero se cosecha en los temporales, abunda el pasto para los animales y el bosque seco se regenera.

Un evento EL NIÑO moderado es deseado: caen aguaceros que permiten una buena cosecha y un buen pasto, sin causar daños a las construcciones. Estos años son los más provechosos para los agricultores.

Un evento EL NIÑO débil no es de lo más provechoso: caen pocos aguaceros, la cosecha en los temporales es mala, y el pasto apenas alcanza para el año.

Un evento EL NIÑO muy débil no es apreciado: las pocas lluvias no permiten cosechar en los temporales y el pasto no basta para los animales.

Si no se produce un evento EL NIÑO, es la sequía lo que se teme: las quebradas se secan, el agua no llega al Bajo Piura, no hay cosecha en los temporales, el bosque seco retrocede.”

Estas impresiones del hacendado Eguiguren (1894, citado por Hocquenghem)^[4], expresan el rol benéfico de EL NIÑO en la vida de los piuranos y en la modelación y en los ciclos del paisaje del bosque seco, que intercala lluvias profusas con periodos de sequía.

El Fenómeno de La Niña

Es otra condición de la variabilidad global contraria al fenómeno del Niño, se manifiesta con el descenso de la temperatura y provoca fuertes sequías en las zonas costeras del Pacífico. “La Niña” comenzó en 1903, y siguió en 1906, 1909,

1916, 1924, 1928, 1938, 1950, 1954, 1964, 1970, 1973, 1975, 1988, y en 1995. Siendo el más intenso el de 1988/1989. [66]

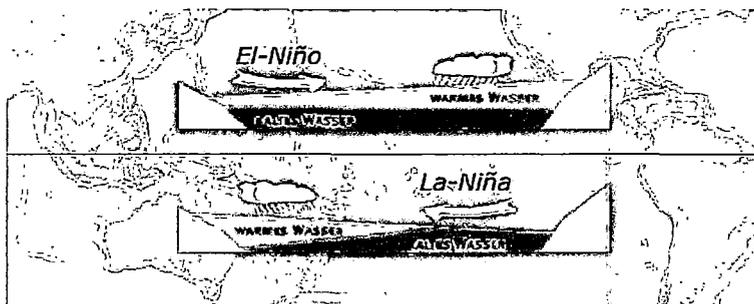


Figura 23: Fenómeno de la Niña Fuente: http://www.elclima.com.mx/fenomeno_la_niña.htm

Se caracteriza entre otras por tener condiciones opuestas a las de los episodios de El Niño:

1. Los vientos alisos se intensifican, provocando que las aguas profundas relativamente más frías a lo largo del Pacífico ecuatorial, queden en la superficie.
2. Como resultado de la aparición de aguas relativamente frías a lo largo del Ecuador, la temperatura superficial del mar disminuye por debajo del valor medio climatológico. Esto constituye la evidencia más directa de la presencia del fenómeno La Niña. Sin embargo las máximas anomalías térmicas negativas son menores a las que se registran durante El Niño.
3. Durante los eventos de La Niña las aguas calientes en el Pacífico ecuatorial, se concentran en la región junto a Oceanía y es sobre esta región, donde se desarrolla la nubosidad y la precipitación más intensa.

En sus inicios el fenómeno La Niña que afecta el comportamiento del crecimiento de la vegetación en el norte del Perú, está caracterizado por:

- a) Un fortalecimiento de los vientos alisos que se encuentran en la zona de convergencia intertropical, así como un desplazamiento más temprano de esta hacia el norte de su posición habitual.
- b) Aumento de la convección en el océano pacífico, al oeste del meridiano de 180°, donde la temperatura del agua superficial del océano sube temperatura habitual (28 y 29°C).

El Desarrollo del Fenómeno de la Niña se identifica por:

- a) Un debilitamiento de la corriente contra ecuatorial, ocasionando que las aguas cálidas proveniente de las costas asiáticas, afecten poco las aguas del pacifico de América.
- b) Una ampliación de los afloramientos marinos, que se producen como consecuencias de la intensificación de los vientos alisios.
- c) El fortalecimiento de la corriente ecuatorial del sur, especialmente cerca del ecuador, arrastrando aguas frías que disminuyen las temperaturas del pacifico tropical oriental y central.
- d) Una mayor cercanía de la termoclina (región donde hay un rápido descenso en la temperatura) a las superficie del mar en el pacifico tropical, lo que favorece la permanencia de especies marinas que encuentran sus alimentos durante periodo largos.

Duración y frecuencia con que aparece el fenómeno de La Niña

El fenómeno la Niña puede durar de 9 meses a 3 años, y según su intensidad se clasifica en débil, moderado y fuerte.

El fenómeno la Niña es más fuerte mientras menor es su duración, y su mayor impacto en las condiciones meteorológicas se observa en los primeros 6 meses de vida del fenómeno. Por lo general comienza desde mediados de año, alcanza su intensidad máxima a finales y se disipa a mediados del año siguiente.

Este fenómeno se presenta con menos frecuencia que el Niño, aproximadamente ocurre por periodos de 3 a 7 años.

En América del Sur, predominan condiciones más secas y más frescas que lo normal sobre El Ecuador y Perú; así como condiciones más húmedas que lo normal en el Noreste de Brasil.

El fenómeno del Niño y de la Niña en el Bosque Seco

El Fenómeno de El Niño como La Niña, modelan el comportamiento del bosque seco piurano, de acuerdo a los registros de NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) del período 1950-1991, los eventos La Niña de mayor duración han sido los ocurridos en 1955-1956 y en 1974-1975, siendo más fuerte este último. El evento de mayor intensidad fue el de 1988-1989, a pesar de que su duración promedio fue de 12 a 14 meses. ^{[10][66]}

Con el fenómeno del Niño, mayor intensidad de lluvias, la cobertura vegetal de los bosques secos de Algarrobo se incrementó en el 2003, tapizando el desierto en un 50% con herbáceas, produciendo hasta 170 kg de materia seca vegetal por hectárea en 6 meses. (Torres, F.)^[26]. Se encontró que luego de dos años de ocurrido el fenómeno el Niño (ENSO 1997-98) el bosque seco recuperó su densidad (Zorogastúa, P. 2003)^[79].

3.1.3. El Suelo

Los suelos de esta región del país^[9]^[26]^[32] están compuestos por los denominados Regosoles y Fluvisoles; los Regosoles conforman las áreas desérticas de las planicies costeras, se ubican, generalmente, entre valle y valle. Son suelos esencialmente arenosos y sueltos, de origen eólico y de drenaje excesivo. El relieve es variable. Su perfil es homogéneo, sin estructuración. De reacción ligeramente alcalina. La vegetación que sostienen varía entre ausente y dispersa del tipo xerofítico y algunas arbóreas. Agronómicamente presentan una potencialidad variable y está estrechamente vinculado a su relieve topográfico y al tamaño de las fracciones minerales que lo constituyen.

Fluvisoles, la morfología de estos suelos es típicamente estratificada sin mayor desarrollo edafogénico, con gran variabilidad en cuanto a profundidad y textura. Por lo general los suelos superficiales y de textura gruesa se ubican en la cabecera del valle, donde el relieve topográfico es variado y hay acumulación superficial de grava y piedras. Aquellos que son profundos y de textura más fina, ocupan la parte central y baja de la llanura aluvial.

Químicamente son de reacción ligeramente alcalina a alcalina (pH 7.1 a 8.0), muchos de ellos de naturaleza calcárea. El contenido de materia orgánica es baja, fluctuando de 0.5 % a 2.0 % y por consiguiente pobres en nitrógeno. Con respecto al fósforo es de un contenido medio, y alto en potasio. Desde el punto de vista agronómico, los fluvisoles de las áreas agrícolas bajo riego son los de más alto potencial para una actividad agrícola intensiva.

Concluyendo que la inestabilidad climática, dada por el Fenómeno de El Niño y La Niña, la presencia de suelos delgados y pobres en materia orgánica, así como su débil cobertura en la llanura costera, han llevado a considerar a los ecosistemas de la Región Grau como ecosistemas frágiles a punto de desestructurarse, dando lugar al fraccionamiento de los bosques.

3.1.4. Vegetación de bosque seco

La comunidad vegetal del bosque seco y está conformada por árboles deciduos y arbustos, destacan las plantas espinosas, durante la época de lluvia el bosque seco cambia de fisonomía, los árboles se cubren de hojas y el herbazal es abundante, alcanzando hasta un metro de altura, la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea está adaptada a este estrés hídrico y presenta una composición florística reducida, esta vegetación se evidencia por su clima de temperaturas (mayores a 24°C), baja precipitación (menores a 70 mm/año) y elevada evaporación.

Tabla 6 Débil Cobertura Vegetal en la Región Piura

UNIDAD DE CLASIFICACIÓN	Ha	%
Bosque de colina clase I	--	--
Bosque de colina clase II	89.137,00	2,45
Manglar	--	--
Bosque seco denso	317.620,00	8,72
Bosque seco tipo sábana	550.198,00	15,11
Chaparral	318.643,00	8,75
Matorral arbustivo	282.782,00	7,77
Bosque de protección I	2.045,00	0,06
Bosque de protección II	37.906,00	1,04
Desierto y Tierras improductivas	1.204.913,00	33,10
Pastos	71.718,00	1,97
Agricultura	729.158,00	20,03
ÁREA TOTAL	3.604.120,00	100,00

Fuente: ONERN, Mapa Ecológico del Perú ^[7]

El ecosistema de bosque estacionalmente seco de lomadas y colinas está distribuido de norte a sur a través del departamento de Piura, siguiendo la dirección de la cordillera, dentro de éste se encuentra el distrito de Las Lomas (Linares-Palomino, La Torre 2005)^[39] La cobertura vegetal y la composición de estos bosques no es uniforme y varía según las condiciones climáticas, hidrológicas y edáficas (e.g. Block & Richter 2000 citado por Linares-Palomino 2005) ^[38]. La zona de Las Lomas está conformada por vegetación densa, debido a las condiciones de humedad relativamente mayores, con árboles caducifolios cubiertos de epifitas hasta ejemplares siempre verdes, con dominancia de especies que superan los 20 m de alto.

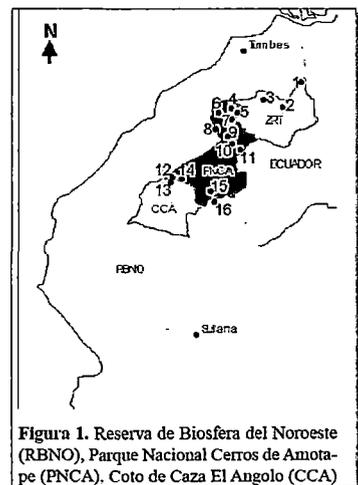


Figura 1. Reserva de Biosfera del Noroeste (RBNO), Parque Nacional Cerros de Amotape (PNCA), Coto de Caza El Angolo (CCA)

Figura 24: Reserva de la Biosfera del NorOeste (RBNO) ^[38]

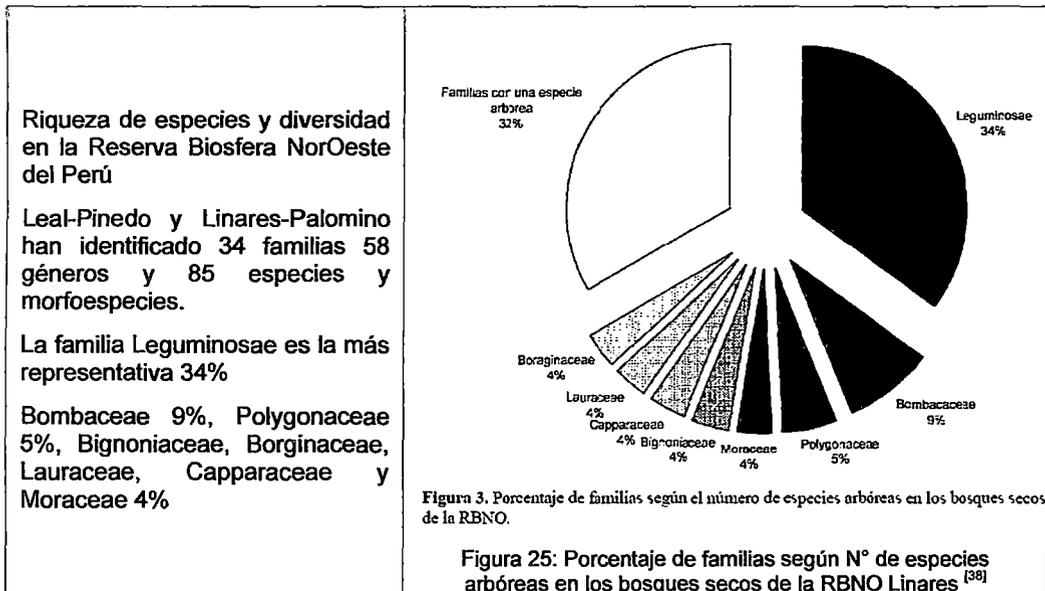
Las formaciones intermedias están conformadas por diversas especies de arbustos, cactáceas, herbazales y numerosas gramíneas xerófitas. (Aguilar 1994, Brack & Mendiola 2000, Anónimo 2002 citado por Linares-Palomino, 2005)^[37]. Faique, la borrachera, el palo verde (Ferreira 1983) ^[35]. Los arbolillos son siempre verdes con hojas compuestas o simples coriáceas, de especies "Algarrobo", "Sapote", "Vichayo", "Cun cun".

Las poblaciones vegetales

El grupo más numeroso de plantas lo constituyen las especies herbáceas conformando el estrato herbáceo que alcanza su mayor desarrollo en la época de lluvias. La mayor parte pertenecen a la Familia POACEAE, seguido de la Familia FABACEAE, hierbas de buen potencial forrajero y las BROMELIACEAE (salvajina)

Entre las poblaciones de especies forestales nativas propias del bosque seco tropical están la familia de MIMOSACEAE (Algarrobo), LEGUMINOSAE (Charán, Porotillo), BOMBACACEAE (Ceibo, Pasayo), BIGNONACEAE (Guayacán), BURSERACEAE (Palo santo)^{[26][37]}.

Tabla 7 Familias vegetales en la Reserva Biosfera NorOeste del Perú



Las Especies dominantes

La especie más significativa en los desiertos de arena con napa freática alta es el Algarrobo, *Prosopis juliflora* mientras que la especie leñosa predominante en el bosque seco de napa freática profunda es el Algarrobo *Prosopis pallida* (Tarazona, R, 1998 cit por Torres 2003)^[26], otras especies arbóreas son el Pasallo *Erytheca ruizii*, el Faique *Acacia macracantha*, Palo verde *Parkinsonia aculeata*, Hualtaco *Loxopterygium huasango*, Palo santo *Bursera graveolens*, Charán *Caesalpinea pai pai*.^[21]

La predominancia de arbustos como el Overo *Cordia lutea* y el Bichayo *Capparis ovalifolia*, mereciendo atención la Yuca de monte *Porboscidea altheaefolia* porque se nutre de agua subterránea y la almacena en sus raíces (Torres, F)^[26]. Entre las herbáceas tenemos la *Aristida spp* y *Eragrostis sp* (Zorogastúa, P)^[79]. Y otras predominantes como la *Coccoloba ruiziana Lindau*, *C. glabrata* e *Ipomoea carnea Jacq.* (Linares La Torre 2005)^[39]

Entre las herbáceas denominadas malezas se encuentra el yuyo hembra *Amarantuhus hybridus*, la verdolaga *Portulaca oleácea*, *Desmodium scorpiurus*, Hierba golondrina *Euphorbia hypericifolia*, Cadillo *Cenchrus echinatus*, Pasto rosado *Rynchelytrum repens*, Pata de gallo *Eleusine indica*.

Especies que se clasifican paisajísticamente por árboles, arbustos y herbáceas

Cuadro 2 Cobertura Vegetal en las Lomas – Piura

Arboles	Nombre botánico
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i> y <i>Prosopis pallida</i>
Faique	<i>Acacia macracantha</i>
Charán	<i>Caesalpinea paipái</i>
Hualtaco	<i>Loxopterygium huasango</i>
Ceibo	Ceiba trichistandra, Bombax discolor
Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha.</i>
Palo Santo	<i>Bursera graveolens</i>
Parquinsonia	<i>Parkinsonia aculeata</i>
Palo verde	<i>Cercidium praecox</i>
Pasallo	<i>Erytheca ruizii</i>
Porotillo	<i>Erythrina smithiana</i>
Sapote	<i>Capparis scabrida H.B.K.</i>
Arbustos	Nombre botánico
Bichayo	<i>Capparis ovalifolia</i>
Borrachera	<i>Ipomoea carnea</i>
Coccoloba	<i>Coccoloba ruiziana Lindau</i>
Coccoloba	<i>Coccoloba glabrata</i>

son indicadores del mal manejo a los que son sometidos muchos de estos sectores por la ganancia de terreno.

3.1.5. Fauna de bosque seco

El Departamento de Piura en general está influenciado por la proximidad a la línea ecuatorial, la presencia de aguas frías de la Corriente Marina Peruana, la altura de los andes relativamente baja (Paso de Porculla), la depresión de Huarmaca (Huancabamba) y otras son causa fundamental de existencia de diversos micro hábitats y por lo tanto de un alto porcentaje de endemismos. (Ferreyra)^[35] (Vasquez, P. Bureno, F. Canziani, E. Ríos, J)^[43]

La fauna del Departamento de Piura tiene diversos orígenes, en su mayoría de procedencia amazónica y otros del dominio Andino-Patagónico y migratorio, que por el aislamiento de la Cordillera de los Andes hace posible la existencia de especies y subespecies endémicas.^[44]

El Noroeste del Perú presenta una fauna empobrecida debido a la falta de alimento por la aridez de la zona transicional del desierto costero al sur de los 6°S. En esta área se distinguen cuatro distritos faunísticos (Brack, A.)^[2]; siendo el distrito nor peruano el que le corresponde a la zona de estudio.

En esta zona se distingue una fauna pobre en especies como consecuencia de la vegetación escasa, adaptada a las condiciones de aridez para la vida animal.

En referencia a la riqueza o diversidad faunística; se encuentra representada por especies típicas de la Ecozoorregión Bosque Seco Ecuatorial (Brack, A.)^[2] que tienen como sustento los diversos hábitats señalados anteriormente.

Las especies faunísticas en la zona la constituyen 46 especies de aves de gran importancia, como son "Paloma ojos azules" *Zenaida asiática*, "Cucula" *Zenaida auriculata*, "Gavilán" *Buceo polyosona*, "Gallinazo" *Coragyps atratus*, "Huerequeque" *Burhinus superciliaris*, "Putilla" *Pyrocephalus rubinus*, "Guarahau" *Polyborus plancus*, "Chisco" *Minus longicandatus*, "Abejero" *Tyrannus melancholicus*, "Pecho" *Stumella bellicosa* y "Chutuque" *Phrygilus alaudinus*. Además de su valor ecológico se puede subrayar que forman parte de la dieta o alimentación de los pobladores rurales. Son especies útiles para el control de posibles plagas, al utilizar como alimento insectos y en el caso de los carroñeros contribuyen a la salubridad del medio al alimentarse de los animales muertos que yacen a la intemperie.

La fauna más característica asociada a esta formación vegetal es el zorro del desierto *Dusicyon culpaeus*, zorrino *Conepatus rex*, el venado gris, el puma, la ardilla de nuca blanca, la iguana, el pacaso, la macanche y hasta 39 especies de aves, entre ellas palomas, huerequeque, la zofia, la putilla, chutuque, peche, negro, periquillos, y otros, (Velasquez, D. 1993, cit por Torres 2003) ^[26]

El “Estudio de Impacto Ambiental” del proyecto PAS para la zona de Suyo ^[34] ha descrito los mamíferos más frecuentes como el “Guayabito de gentil” *C. ovalifolia*, y de algunos reptiles como los de los géneros *Microlophus* y *Ameiba*, la *Phyllotis gesbillus* determinada su presencia gracias al análisis de los restos óseos encontrados en las regurgitaciones de *Athene cunicularia*, la misma que está reportada como endémica para la Provincia de Sechura. Se refiere también la presencia de *Didelphis marsupialis* “zarigueya”; *Desmodus rotundus* y *Conepatus sp.* “zorrino o añáz”, Zorro *Pseudolapex sechura*, Ardilla *Sciurus stramineus* y ratones de campo *Mus musculus*.

En las áreas de estudio se han encontrado una gran cantidad de reptiles terrestres, siendo éstos principalmente insectívoros; excepto *Callopietes flavipunctatus* que es carnívoro y se comporta como depredador de otros reptiles y de los huevos de aves. Entre los reptiles que pueden mencionarse se encuentran el “Pacaso” Iguana *iguana Squamata*, “Lagartija” *Tropidurus peruvianus Iguanidae*, “Cañan, lagartija” *Dicrodon guttulatum Teiidae*, “Falsa iguana” *Callopietes flavipunctatus Teiidae*, “Corredora” *Ameiva edracantha Teiidae* “Coralillo” *Micrurus schudii Elapidae* “Coralillo” *Micrurus mertensi Elapidae*, “Macanche” *Bothrops barnettii Viperidae*, “Culebra corredora” *Leptodeiva septentrionalis Colubridae*, “Culebra corredora” *Mastigodrias heathii Colubridae*, “Culebra ciega” *Amphisbaena occidentalis Amphisbaenidae*.

Las aves predominantes son las pertenecientes a la familia Cathartidae y a la familia Furnaridae la *Geositta paytensis*. Entre las aves observadas cabe destacar la presencia de aves reportadas como endémicas para la Región Tumbesina, tales como “Minero” *Geositta paytensis*, “Ruisenior” *Thryotorus superciliaris*, “Cucarachero” *Troglodytes aedon* y “Pico de monte” *Piezorhina cinerea*.

Los insectos no son muy variados pero son muy abundantes, encontrándose en el sotobosque, se alimentan de restos vegetales, y sirviendo como base de la alimentación de reptiles insectívoros y de otros insectos tales como la mosca

cazadora. Estos insectos en su mayoría pertenecen al orden Coleoptera *Cycloneda sp.* y Orthoptera *Schistocerca cancellata*, especies adaptadas a alimentarse de hierba seca.

El Algarrobo como especie arbórea dominante en el bosque seco es atacado por numerosos agentes dañinos, el principal es el *Tropidurus occipitalis* "capón", reptil pequeño que escarba las semillas y las expone directamente a la superficie del suelos, las cuales son comidos por el *Geosito paytensis* "pampero peruano", pajarito que come las semillas expuestas.

También existen los daños ocasionados por el *Tropidurus peruvianus* "lagartija" de la familia de los Lacértidos, que come las hojas cotiledonales de las plantas recién emergidas, brotes tiernos, yemas florales, etc.

Para su control se emplean métodos físicos y químicos. Destacan entre los físicos, la colocación de hojalatas en forma de aspa (tipo molino de viento) para la producción de ruido; colocación de envases tubulares para proteger la plantita. Se debe evitar el control químico.

El follaje es atacado por orugas verde oscuro de un lepidóptero de la familia Geometridae; así mismo por orugas de una especie de la familia Olethreutidae, que se alimentan del parénquima de las hojas y fabrican una especie de "semicocones" donde se encuentran protegidas.

Otra plaga es el "gusano pegador de hojas" de la familia Geometridae, microlepidóptero que provoca ataques mucho más severos, generalmente en época seca. Esta plaga ocasiona el desprendimiento de los folíolos al suelo, las hojas son minadas y succionan la savia en forma total, tornándose amarillentas, esquelitizadas quedando sólo con las nervaduras.

Muchos son los insectos que atacan a los frutos y semillas de algarrobo, entre las especies detectadas atacando las vainas de esta especie son las orugas del microlepidóptero de la familia Olethreutidae, probablemente del género *Epinotia*. Otra especie de la misma familia es la *Cryptophlebis carphophoides*, activa destructora de los frutos. La piral del algarrobo *Myelois ceratonive*, depositan sus huevos a principios de verano y las larvas devoran el fruto.

Los insectos más numerosos que utilizan los frutos del algarrobo como recurso alimenticio, son los miembros de la familia Bruchidae. Dentro de estos insectos de frutos de algarrobo se mencionan: *Bruchus rufimanus*, *B. pisorum*,

Acanthoscelides obtectus, *Spermophagus pectoralis*, *Sitophilus oryzae* y *Bruchidae vegeotatus*.

Relación de la vegetación, las zonas de alimentación y reproducción

En cuanto al hábitat de las aves, se conoce que el “Algarrobo” *Prosopis pallida* es el que mayor número de aves alberga, en segundo lugar se encuentra la asociación de “Sapote” *Capparis scabrida* y “Bichayo” *Capparis ovalifolia*.

El *Pseudalopex sechurae* se alimenta de “sapote” *Capparis scabrida*, las aves son dispersoras de semillas, como la *Columbina cruziana*, *Zenaida meloda*, *Forpus coelestis*, entre otras; radicando su importancia en que estas contribuyen a la regeneración natural del bosque, las zonas de anidamiento la constituyen los árboles de “Porotillo” *Erythrina edulis* y *Erythrina smithiana* (Brack, A. 2003) ^[2]

Los insectos cumplen una función de polinizadores, como las especies del Orden Hymenoptera: *Apis concolor* “avispa” y moscones, que se nutren de las escasas flores de las plantas.

Los insectos y reptiles que atacan al Algarrobo cumplen la función de equilibrio ecológico por la alta proliferación de este árbol.

En la costa peruana se ha observado cronológicamente la presencia de las siguientes plagas: las lagartijas que atacan todo el año (prefiriendo los meses de verano: noviembre-abril); el gusano pegador de hojas que ataca de noviembre a junio; el pulgón de la melaza que ataca de noviembre a abril y la langosta que ataca de diciembre a abril.

3.2. EL PAISAJE DEL BOSQUE SECO MUY RALO DE LOMADAS Y COLINAS

Las Lomas se localiza en la parte baja del Flanco Occidental de la Cordillera de los Andes, el paisaje se caracteriza por una morfología levemente accidentada asociada con pequeñas colinas rodeadas de superficie casi plana, su fisiografía es de topografía erosionada y plana que se caracteriza por tener una cuenca visual muy extendida, de baja compacidad y por lo mismo bastante frágil para su conservación o minimización de cualquier tipo de impacto visual.

El árbol que domina y caracteriza la zona es el "Algarrobo" *Prosopis pallida* el cual se distribuye de manera homogénea por todo el paisaje.

La vegetación es variada y muy característica del Bosque Seco, los árboles tienen adaptaciones funcionales como el caso del "Palo verde" *Cercidium praecox*, cuyo tronco procesa la clorofila y adquiere un color verde muy hermoso contrastado por sus semillas marrón café oscuro.

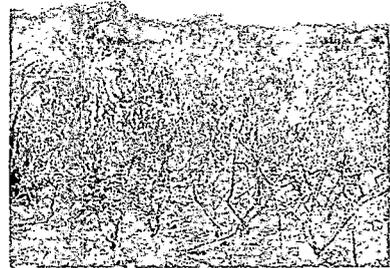


Figura 27: *Cercidium, praecox* fotografía B. Montoro dic. 2010

En verano con las lluvias, la vegetación tapiza las lomas con herbáceas que suben por los árboles o a nivel del suelo adquieren la altura de una persona, para luego desaparecer en la estación seca y dejar un paisaje árido de árboles deciduos sobre arena clara. Así es el paisaje cambiante del ecosistema de bosque seco.

La variación estacional del Bosque seco por el ENSO produce en el paisaje del norte peruano los cambios propios de la estación mostrando una gran variación de la forma general y del color en la cobertura de los arbustos y las herbáceas.

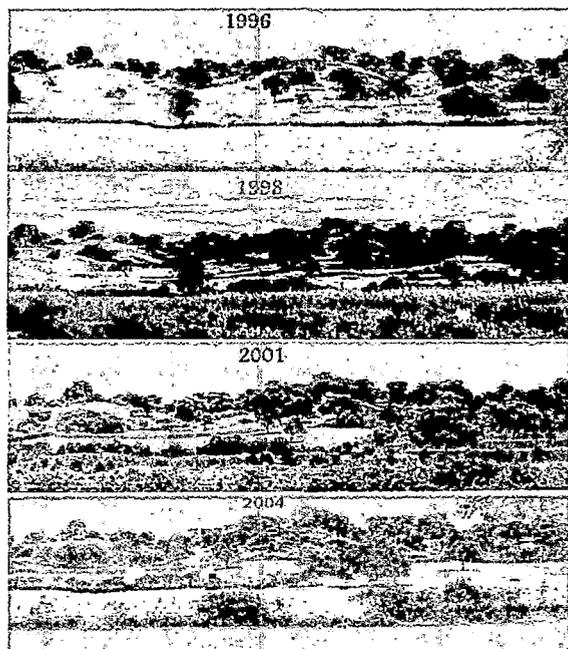
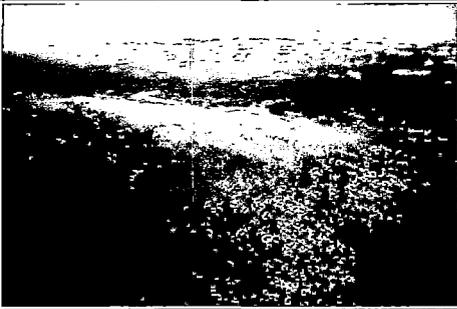


Figura 28: cambios estacionales del paisaje Biol Torre SEPIA XI Perú Trujillo, 2005

El bosque seco visto desde el aire – Piura, diciembre del 2010, se observa como un tapiz de burbujas (árboles) bastante homogéneo y algunos claros donde se ha fragmentado el paisaje natural.

<p>Desde el aire el bosque seco parece un mar con burbujas de color. Al confundirse entre las nubes la textura es muy homogénea brindando una vista irreal.</p> <p>Figura 29: Textura del Bosque seco fotografía B Montoro, dic 2010</p>	
<p>En los límites del bosque seco con la ciudad se observa el borde generado por ambos usos y la intervención parcial en el bosque mismo, perdiéndose la homogeneidad del bosque que se mantiene en la reserva ecológica.</p> <p>Figura 30 borde del Bosque seco, fotografía B Montoro, dic 2010</p>	
 <p>Figura 31 Bosque seco época de invierno, coloración oscura de árboles deciduos fotografía B Montoro, dic 2010</p>	 <p>Figura 32 Bosque seco, floración de Cercidium praecox fotografía B Montoro, dic 2010</p>
 <p>Figura 33 Bosque seco, reverdecimiento y floración fotografía B Montoro, agosto 2010</p>	 <p>Figura 34 borde del Bosque seco zona de Las Lomas, fotografía B Montoro, agosto 2010</p>
<p>El bosque seco vuelve a colorearse al acercarse la primavera, esta coloración verde se manifiesta aunque todavía hay ausencia de lluvias</p> <p>Figura 35 Bosque seco, contraste de texturas y colores de la vegetación fotografía B Montoro, agosto 2010</p>	

Los árboles subsisten en invierno como troncos secos, al cambiar la estación comienzan a notarse las texturas y los tonos diferenciados de sus follajes.

3.3. EL DISTRITO DE LAS LOMAS

3.3.1. Localización

El distrito de Las Lomas se encuentra ubicado al Nor-Oeste del Departamento de Piura, entre ambas márgenes del Río Chipillico, comprensión de la Cuenca Binacional Catamayo-Chira. Tiene una extensión territorial de aproximadamente 522.47 km² y una altitud de 254.009 msnm, es integrante de uno de los 9 distritos de la Provincia de Piura, entre las coordenadas: Latitud 4° 39'14"S y Longitud 80°14'25"O.



Figura 36 Ubicación de Las Lomas en la provincia de Piura [26]

El distrito de Las Lomas, se encuentra en el Valle denominado Chipillico y en 04 zonas denominadas: El Reboce-Tejedores, Colonización San Lorenzo, Bosque seco, y la Ciudad Capital Las Lomas, con un total de 69 Localidades, las que se organizan territorialmente en 69 Centros Poblados en categoría de caseríos, 02 Comunidades Campesinas y una Capital del distrito. Anexo electrónico 1: PRISMA Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos 2009.

3.3.2. Breve historia

Suipirá se llamaron antiguamente estos dominios, dentro de los cuales estaba el pueblo de Las Lomas capital del distrito del mismo nombre. Sobre el río Chipillico, afluente del río Piura.

Mediante el Decreto Ley N° 8231, del 03 de abril de 1936, tuvo lugar la creación política del Distrito de Las Lomas y caseríos Las Lomas, Yuscay, Cacaturo, Chipillico, Pampaelera, Pelingará, Pichones, Lagartos, Pelingara, Pichones, Cacaturo y Chipillico. página web de la municipalidad de Las Lomas [69]

3.3.3. Población

El Distrito de Las Lomas tiene una población de 32,339 habitantes, la densidad poblacional de 54 habitantes por km², estando el 27.20% en la zona urbana y el 72.80% de la población en el área rural. (Censo Nacional de Población y Vivienda 2007) [69]. Es un distrito eminentemente rural.

Las Localidades que presentan una mayor densidad poblacional son:

1. La ciudad de Las Lomas con 23 habitantes por Km²
2. Potrerillo, 4 habitantes por Km²
3. Chipillico, 3 habitantes por Km²
4. San Francisco de Pampa Elera, 3 habitantes por Km²
5. El Sauce, 3 habitantes por Km²
6. Pelingara, 3 habitantes por Km²
7. Santa Elena, 3 habitantes por Km²
8. El partidor, 3 habitantes por Km²
9. Pampa Elera Baja, 2 habitantes por Km²
10. La Puerta Pulache, 2 habitantes por Km²
11. Huachuma, 2 habitantes por Km²
12. La Menta, 2 habitantes por Km²
13. Garabatos, 1 habitante por Km²

3.3.4. El Geosistema de Las Lomas

Geología, Topografía y pendientes

El distrito de Las Lomas, ubicado sobre los 254 msnm se caracteriza por ser un valle amplio rodeado de estribaciones andinas, cuyos cerros son, por el Norte Peñudo, Peña Blanca, Arteza y La Araña, por el Sur, los cerros San Lorenzo, por el Oeste los cerros Pelingara y Purgatorio, siendo la cota más alta en promedio de 600m.

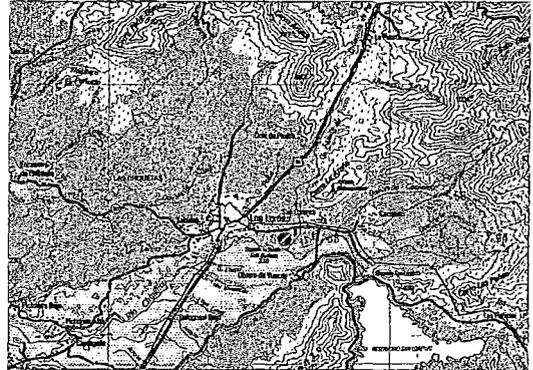


Figura 37: IGN, Hoja 0861 10-c Las Lomas Perú Esc. 1:100,000.

El territorio presenta un basamento de rocas metamórficas precámbricas y mesozoicas, sobre las cuales se han desarrollado fases geológicas posteriores. Estas rocas son de origen metamórfico, sedimentario e ígneo (volcánico). La secuencia termina con depósitos aluviales y eólicos recientes. Geológicamente tiene un suelo de fundación denominado KT-d-m de Diorita malingas.

Geomorfológicamente el área de estudio pertenece a la zona Sub Andina con cerros-colina y cerros testigo; en medio de la llanura presenta un relieve moderado, de extensas superficies bajas y llanas, con lomadas de poca altitud, las que fueron generadas por sedimentos aluviales y fluviales; en las zonas de depresión drenan las aguas de las épocas de grandes precipitaciones pluviales.

Las lomas son relieves emergentes a manera de colinas bajas de forma redondeada y alargada y con pendiente poco pronunciadas. Su altitud con referencia a la llanura varía entre 50 y 100 metros. La migración de las arenas por efecto del viento consigue ser controlada por la humedad y la vegetación del bosque seco que estabiliza las dunas.

Desde el punto de vista Neotectónico, la zona de estudio no presenta diaclasas, ni fallas de distensión, por lo que no hay evidencias de deformación neotectónica tal como se pudo apreciar en las calicatas que se excavaron para el estudio geotécnico PRISMA, Ing. Llanos.

Edafología

Los suelos son mayormente de naturaleza arcillosa expandible y oscuros (Vertisoles), fértiles y productivos una vez acondicionados para el riego permanente y bajo relieve suave; completan el escenario edáfico suelos superficiales (Leptosoles) con fuerte pendiente (> 50 %).

El grado de permeabilidad y erosión de los suelos es bajo, en las zonas depresivas se acumulan aguas pluviales. El análisis de granulometría del botadero Las Lomas arroja una composición predominante de arena con 81,85% y limos y arcillas en un 18,15%.

La humedad natural fluctúa entre el 6,5 al 10% (PRISMA, 2010)

El subsuelo está conformado por depósitos de materiales finos de origen eólico y aluvial, predominante arenoso, areno-limoso suelto o medianamente denso, greda salitrosa y cascajo a mayor profundidad (5 m).



Figura 38 Calicata en Las Lomas, fotografía B. Montoro abr.2010

La Profundidad del estrato rocoso: es alta, llegando a 2 m. No hay fragmentos gruesos y si los hay están en áreas de no influencia.

Uso potencial como tierras agrícolas. Fuera del área de influencia directa es de ocupación poblacional, compuesto por poblados menores dispersos.

Hidrografía

Los sistemas hidrológicos el sistema hidrológico pluvial y el acuífero subterráneo.

El río que atraviesa el territorio de las Lomas es un afluente del río Piura, el Chipillico, el cual pertenece a la cuenca del Pacífico.

El río Chipillico tiene sus nacientes en el distrito de Chipillico, a 400 msnm, con el nombre de río Yangas, el cual cambia su denominación por río Chipillico al recibir las aguas de la quebrada Totoral y la quebrada Palo Blanco, nombre con el que discurre hasta su desembocadura, en el río Piura, antes alimenta el reservorio "San Lorenzo".

Tiene una longitud de aproximadamente 56 km sus aguas superficiales permiten el cultivo intensivo en un 70% de su recorrido. Las aguas del río Chipillico incrementan su caudal en verano; pero concluido el período de precipitaciones, el caudal decrece y el río se seca.

En cuanto al acuífero subterráneo, es el único recurso empleado actualmente por la población de Las Lomas.

Climatología

En esta zona el clima es caluroso y seco, cuenta con pocas precipitaciones, Las Lomas presenta un clima cálido, durante los meses de Diciembre a Abril, la cual está marcada por altas precipitaciones de 152 mm en promedio. Durante el resto del año tiene un promedio de 30 mm. Con respecto a la temperatura, la temperatura promedio varía entre los 16° C y 34° C, con lluvias esporádicas de mediana y gran intensidad. El fenómeno "El Niño" cambia estos parámetros elevándolos como en el período 1980-2002 fue de 23.91°C, este valor se ha mantenido casi constante a lo largo de dicho período, aunque se han registrado picos máximos de temperatura de hasta 35.8°C (Marzo del 91) y picos mínimos de temperatura de 12.7 °C (Agosto del 80). La temperatura a lo largo del año presenta una marcada variabilidad debido a las estaciones de verano e invierno.

Con respecto a los Vientos, se ha registrado una velocidad promedio del viento de 9.72 km/h (aprox. 2.7 m/s) en el período 1980-2002. Para el período, el registro promedio de velocidad fue de 8 Km/h, predominando los vientos de velocidad baja a las horas de la madrugada y mañanas, intensificándose al medio día y en las tardes. Obteniéndose registros de máximas de 42 Km/h. y mínimas de 1Km/h.

Los vientos predominantes en cuanto a velocidad se manifiestan en horas de la tarde con dirección Oeste - Este. Hay transporte de finos, es decir, en las partes de poca vegetación hay transporte eólico.

Humedad Relativa, es la cantidad de vapor presente en la atmósfera, por lo general se expresa como humedad relativa del aire. Es un parámetro que caracteriza la evapotranspiración, a su vez tiene relación directa con la disponibilidad del agua aprovechable, circulación atmosférica y la cubierta vegetal. En Las Lomas, la humedad relativa a nivel medio, registra un comportamiento uniforme en su distribución espacial y temporal, registrando en el período julio - setiembre los mayores valores que oscilan entre 66% y 86%, mientras que entre noviembre y enero ocurren los menores valores con 66% y 82% ^[74], la humedad relativa en el distrito varía entre 66.7% y 71.5%, sin tener mayores variaciones significativas a lo largo del año.

Precipitaciones, en el área de estudio y en general en toda la costa Norte la precipitación es muy variable. En la subcuenca del río Chipillico la precipitación areal anual es de 733,8 mm, comparativamente, la precipitación media areal para la cuenca Chira de 846,8 mm.

Los meses de mayor precipitación son los cuatro primeros meses del año donde la precipitación total mensual promedio del período 1980-2002, está por encima de los 50 mm, y el resto de los meses la precipitación es prácticamente cero.

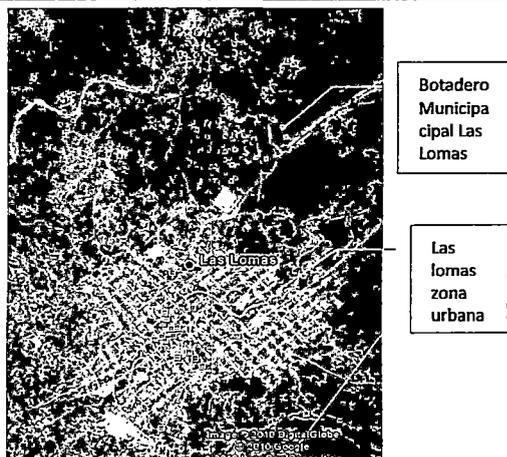
Es importante destacar que durante los últimos impactos del fenómeno de El Niño, 1983 y 1998, las precipitaciones acumuladas durante cinco – seis meses, sobrepasaron los 2000 mm en la zona. Durante estos periodos las precipitaciones diarias en la cuenca del río Chipillico pueden sobrepasar valores de 200 mm/día.

3.4. BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO LAS LOMAS

3.4.1. Localización y área

El Botadero Municipal del distrito de Las Lomas se ubica hacia el sector oeste del Estadio Municipal de Las Lomas, aproximadamente a 1 km del centro poblado, de fácil acceso a través de vía carrozable. Sus coordenadas son N9486392 y E584532, ocupa un área de 1.157 ha.

Figura 39 Localización del Botadero Municipal Las Lomas Fotografía Google 2007



El botadero municipal tiene pocos años de uso, como se observa hay relativamente pocos desechos acumulados, pero se observa que su breve existencia ya ha perjudicado seriamente el paisaje del lugar

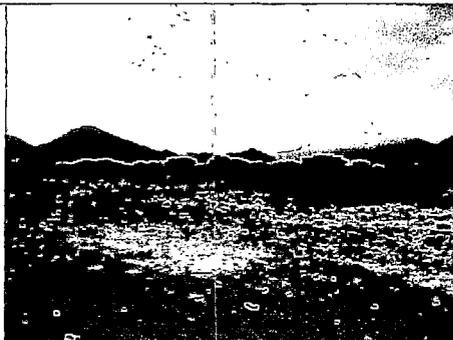


Figura 40 Botadero las Lomas, fotografía B Montoro abr.2010

3.4.2. Gestión del Botadero

El botadero inicia su gestión en setiembre del 2008, al emitirse la Ordenanza Municipal N°0015-2008-MDLL [Anexo 2 y Anexo 3], que en su Artículo 1 dice "prohíbe el arrojo de desperdicios, basura, desmonte, entre otros en el área urbana y lugares adyacentes como canales de regadío, ríos y otros... debiendo evacuar a micro rellenos sanitarios y/o lugares destinados para tal fin". A partir de esa ordenanza se localiza el botadero municipal en terrenos ubicados a la espalda del estadio, en un área aproximada de 1.157 ha y se cierra un antiguo botadero ubicado en un terreno particular.

Dicha Ordenanza permite desarrollar a la organización Benéfica Prisma el proyecto de Cierre del botadero municipal Las Lomas mediante recursos dados por el fondo Contravalor Perú Alemania. [69]

3.4.3. Legislación local

El Plan de Desarrollo Concertado 2007-2022 del distrito Las Lomas cuenta con cinco ejes estratégicos para lograr el desarrollo del distrito.

Es en el tercer eje denominado “Salud, Medio Ambiente y Servicios Básicos” que tiene como principal objetivo ampliar la cobertura y mejoramiento de la calidad de los servicios de saneamiento básico y gestión ambiental para lograr la mejora de la calidad de vida de la población del distrito donde se plantea la construcción del relleno sanitario técnicamente adecuado para la disposición final de los residuos sólidos, la construcción de la planta de tratamiento, reciclaje y clasificación de residuos sólidos del distrito, y la construcción de rellenos sanitarios para la disposición final adecuada en las zonas rurales.



Figura 41 Recojo de residuos domésticos distrito Las Lomas
fotografía B. Montoro abr.2010

Para la gestión de sus residuos sólidos, a la fecha la Municipalidad de Las Lomas no cuenta con su Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS), la Ordenanza Municipal N° 015-2008-MDLL la cual regula el arrojo de desechos sólidos en la vía pública mediante sanciones impositivas aplicables para personas naturales y jurídicas.

3.4.4. El Geosistema

Geología

El estudio geotécnico y de mecánica de suelos para clausura del botadero municipal en el distrito de Las Lomas obtiene como resultado que la capacidad portante y admisible del terreno en el sector del Botadero en caso de realizar proyectos de infraestructura, deberán ser trabajados por debajo de la capa de desechos sólidos a una profundidad de 1.50m. ^[Anexo 4]

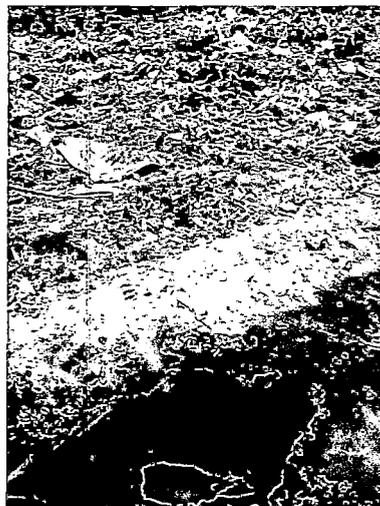
La zona de estudio se asienta sobre suelos de tipo aluvial del cuaternario reciente, constituidas por materiales de arenas arcillosas, y en la parte de mayor profundidad intercalados con arenas limosas ligeramente plásticas.

Geomorfológicamente, el área del botadero está representada por zonas de depresión y colinas que en épocas de grandes precipitaciones pluviales las primeras son inundadas, presentando en general un relieve ligeramente ondulado; la zona no presenta diaclasas, ni fallas de distensión, por lo que no hay evidencias de deformación neotectónica. El sistema de drenaje dominante es del tipo lineal y dendrítico, en los sectores de depresiones. [Anexo 4]

El terreno de fundación son arcillas y arenas arcillosas, de mediana a alta plasticidad, no se ha evidenciado la presencia de la napa freática, el terreno presenta una buena estabilidad y no es probable que ocurran fenómenos de licuación de arenas ante un sismo de gran magnitud.

Desde el punto de vista de la Geodinámica Externa, los principales fenómenos que dominan el área de estudio son las inundaciones en las áreas depresivas, con predominio de erosión y socavamiento en zonas de depresión por donde drenan las aguas en épocas de grandes precipitaciones. [Anexo 4]

En el sector de estudio no presentan potencialidad de licuación de arenas debido a la no presencia del nivel freático superficial ni ocurrencia de sismos de gran magnitud (> 5.5 grados en la Escala de Mercalli Modificada). [Anexo electrónico 4]



Los suelos presentes no son colapsables, presentan una densidad natural de 1.78 gr/cm^3 . [Anexo electrónico 7]

Figura 42 El tipo de suelo y los residuos esparcidos en el botadero Las Lomas, fotografía B. Montoro abr. 2010

El Suelo

El suelo a utilizar para la cobertura de los residuos se ensayó utilizando mallas de acuerdo a las normas ASTM (siglas en Inglés de American Society for Testing Materials), mediante lavado o en seco, que permitió la clasificación de los suelos de tipo granito alterado conformado por arenas arcillosas "SC". [Anexo 4]

Los suelos que se encuentran debajo de la capa de desechos sólidos están compuestos por arenas arcillosas SC, en estado medianamente denso, con regular contenido de humedad, y valores medios de plasticidad, con granulometría variable desde grano fino a medio.

También existen lentes de arcillas arenosas CL que se encuentra intercalada con las arenas arcillosas. Son de mediana plasticidad, de color marrón, poco húmedo y medianamente compacto.

El contenido de sales solubles, cloruros y sulfatos en los sectores de estudios son de valor bajo. El pH es 6.8.

Las características físicas y mecánicas de los suelos del botadero están relacionadas con los parámetros del ángulo de fricción interna, la cohesión, densidad natural, coeficientes de permeabilidad de los suelos arenosos, índices de plasticidad, grado de compacidad relativa, tipos de suelos, peso específico, humedad natural, asentamientos relativos de suelos sueltos y de baja a mediana compacidad y otras características que han permitido zonificar los diferentes tipos de suelos. Los resultados determinados mediante ensayos de laboratorio y de acuerdo a las normas técnicas establecidas SUCS (Sistema Unificado de Suelos), se dan a continuación:

Resultados de Calicatas.- Basado en los análisis granulométricos, los límites de Atterberg y los perfiles estratigráficos de campo de 02 calicatas, excavadas hasta 1.50m se obtuvo ^[Anexo electrónico 6].

0.00 – 1.20m Desechos Sólidos.

1.20 - 1.50 m Granito alterado (tipo cascajo) conformado por arenas arcillosas (SC) color gris claro, medianamente compacto, bajo contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

Contenido de Humedad Natural. De acuerdo a los ensayos realizados, los rangos de humedad natural obtenidos de acuerdo a los tipos de suelos y su relación con la presencia o ausencia de la napa freática; tiene bajo contenido de humedad de 6.49%–9.87% en el sector de influencia del botadero. ^[Anexo electrónico 3]

Peso Específico. Los suelos ensayados muestran valores muy disímiles, dependiendo del tipo, composición mineralógica y grado de compacidad; siendo estos para las arenas de grano fino de 2.61 cc/gr a 2.64 cc/gr ubicados en el sector del botadero.

Permeabilidad. Los ensayos de permeabilidad en el laboratorio determinaron que los suelos presentan valores variables en función al tipo de suelo, siendo las arenas arcillosas de bajo grado de permeabilidad = 3.2E-05 cm/seg. ^[Anexo 4]

3.4.5. Diagnóstico ambiental

Impacto del Botadero en su etapa de funcionamiento

La Municipalidad de Las Lomas realiza el recojo de residuos de manera interdiciaria en las zonas urbanas del distrito capital y cada cuatro días en la zonas periurbanas. Diariamente se recogen un aproximado de 16.48 Tm (A.B. PRISMA Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos 2009) ^[Anexo electrónico 9], los cuales son dispuestos en el botadero a cielo abierto municipal de manera inapropiada.



Figura 42 Residuos contaminantes en el botadero Las Lomas, fotografía B. Montoro abr.2010

En el botadero se realizan actividades informales de reciclaje de chatarra, la que se extrae mediante la quema de los residuos, realizada por adolescentes y ancianos, así mismo, algunos pobladores obtienen alimento para sus cabras, perros y cerdos. Los animales silvestres, carroñeros, también se alimentan de los desechos orgánicos, se observan gallinazos, garzas blancas, palomas, entre otras aves e insectos.

Podemos afirmar que hay generación de puestos de trabajo en el recojo informal de los residuos, en la extracción de material valioso como la chatarra, y otros tipos de reciclaje básico. Estas son actividades de alto riesgo para la salud, riesgo directo para las personas que realizan estas actividades diariamente y riesgo indirecto para la salud de las personas que consumen derivados de los animales alimentados con estos desechos.

Con respecto a la gestión municipal, a la fecha del presente estudio aún no habían conformado el Comité Ambiental Municipal (CAM) tal como lo exige la Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental; la ordenanza N°015-2008–Municipalidad Distrital de Las Lomas, de setiembre del 2008 ^[Anexo 2 y anexo 3].

Generación y caracterización de los residuos sólidos

Se ha tomado como referencia el estudio de caracterización que realizó la Asociación benéfica Prisma, del año 2007, por las dimensiones y actividades de la localidad es un estimado muy aproximado a lo que se encontrará bajo la superficie ^[Anexo electrónico 9].

La generación per cápita promedio de residuos sólidos, en el distrito de Las Lomas es de 0,46 Kg./hab/día, la población genera residuos domésticos por un total de 12.39 Tm.

Los mercados generan 19.47 Kg/puesto, los establecimientos comerciales generan 2.82 Kg/día, cantidad aproximada al análisis sectorial de residuos sólidos según la Organización Panamericana de la Salud en el año 1998, que detalla la generación para la ciudad de Piura con 0,55 Kg./hab/día. [Anexo electrónico 9],

Los residuos encontrados corresponden a residuos domésticos fundamentalmente, pero también se puede observar residuos peligrosos como material y probetas para el análisis en la industria minera, cartones; pilas y jeringas de uso médico.

Tabla 8 Generación de Residuos Sólidos en el distrito Las Lomas

Tipo	GPC Kg/hab/día	Población	Generación Tm/día	Generación Tm/mes
Doméstico	0.46	26,896 hab.	12.39	371.60
Mercado	19.47	175 puestos	3.41	102.22
Comercio	2.82	213 tiendas	0.60	18.02
Instituciones Educativas	1.74	51 colegios	0.09	2.66
	-	-	16.48	494.49

Fuente: PRISMA Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos 2009 [Anexo electrónico 9]

El principal componente de los residuos generados son los de origen orgánico un 66.78% (residuos de frutas, verduras, y elaboración de alimentos), asimismo una generación de un 10% del total corresponde a los residuos de vidrio.

Tabla 9 Composición de los Residuos Sólidos en el distrito Las Lomas

Tipo de residuos sólidos	%
Papeles	3.31
Plásticos	3.33
Vidrios	9.15
Metales	3.06
Materia orgánica	66.78
Residuos sanitarios	13.41
Otros	0.97

Fuente: PRISMA Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos 2009 [Anexo electrónico 9]

Densidad.- Densidad promedio es de 166 Kg/m³, es decir, los residuos no están muy compactados.

Humedad.- El contenido de humedad de los residuos es de 56.59% por estar expuestos los residuos al sol, a la alta temperatura del lugar y a la quema constante este valor disminuye rápidamente, por lo tanto el lixiviado es casi inexistente y la necesidad de riego a la vegetación que se instale deberá ser constante durante su etapa inicial de crecimiento.

Impacto del Botadero en su etapa de cierre o clausura

El cierre del botadero tendrá un efecto positivo inmediato en el saneamiento del lugar, en la mejora y recuperación del paisaje mediante la restitución de vegetación nativa. ^[Anexo electrónico 1] El proyecto de restauración del paisaje sembrará árboles y arbustos nativos ó naturalizados tal que se constituirán en el paisaje base de un futuro parque recreativo. Otro efecto positivo es la revaloración de los terrenos adyacentes.

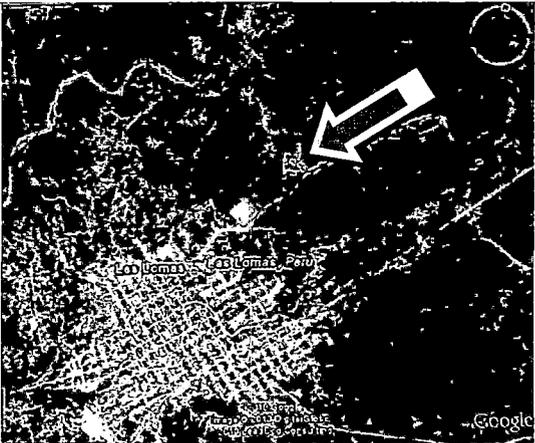
El efecto futuro mediato es el retorno de la biodiversidad local, flora y fauna.

El impacto negativo para la población es la reducción de ingresos derivados del reciclaje informal de chatarra y botellas plásticas, disminución de la recolección de residuos por los pobladores que los transportan en triciclos hacia el botadero y eliminación de la comida-carroña para sus animales domésticos.

3.5. DIAGNÓSTICO DEL PAISAJE DEL BOTADERO LAS LOMAS

El botadero de las Lomas tiene 1.157 ha, [Anexo electrónico 10] para su implementación como botadero se eliminó la vegetación local, fragmentándose un área significativa del bosque seco y ahuyentando a la fauna nativa. Antes de su cierre se podía observar una gran área colmada de desechos de todo tipo que crecía día a día, en la zona se quemaban aún los desechos para extraer metales y las bolsas plásticas se expanden con el viento entre la vegetación natural que rodea esta zona. Es una imagen de crisis, es un uso necesario y a la vez un uso contaminante.

Los desechos orgánicos atraen a la fauna carroñera y a la doméstica, cerdos, cabras, aves, perros, que consumen restos orgánicos contaminados con materiales de la industria minera.

<p>Área del bosque seco, se observa la deforestación ocasionada en los alrededores de éste por el uso agrícola y por el botadero en el área a color, adicionalmente se observa el canal realizado para el desvío del agua de lluvia, posterior a la foto aérea del IGN</p> <p>El botadero fragmenta la continuidad del bosque seco existente.</p> <p>Figura 43 foto aérea del IGN [Anexo 5] con superposición de foto satelital Google [67] y trazado del botadero por Ing. Pedro Pingo [Anexo electrónico 10], superposición Bárbara Montoro</p>	
<p>En la foto satelital se observa la ciudad de Las Lomas, el botadero hacia el Noreste. ambos rodeados de área verde del bosque seco, y con notables parches ocasionados en éste por las incipientes áreas urbanas y agrícolas.</p> <p>Figura 44 distrito Las Lomas, localización del botadero y áreas fragmentadas, foto satélite de Google [67] abril 2007</p>	

Los montículos de residuos en estado de descomposición aeróbica

Se observa que es un área donde se han eliminado los árboles y en los alrededores proliferan arbustos de la "borrachera" *Ipomoea carnea*, sus flores son de color rosado violáceo.

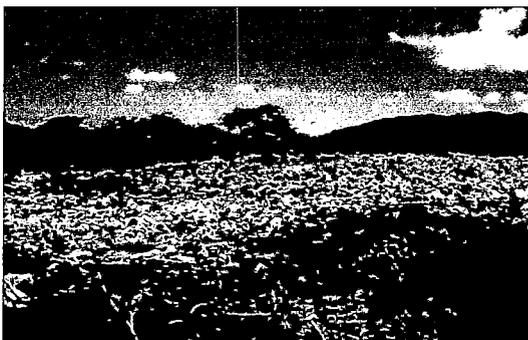
Figura 45 Montículos de basura y vegetación de verano, botadero Las Lomas, fotografía B. Montoro abr.2010



Vista general del botadero las Lomas y zonas adyacentes con vegetación de fin de temporada de lluvias

El tipo y volumen de los residuos sólidos depositados en que predominan las bolsas, cartones, entre otros materiales aún no degradados.

Figura 46 Acumulación de Residuos sólidos en el Botadero Las Lomas, fotografía B. Montoro abr.2010



La composición de los residuos generados es en un 70% de origen orgánico (residuos de frutas, verduras, y elaboración de alimentos), asimismo una generación de un 10% del total corresponde a los residuos de vidrio, en la foto, descargando restos de cartones

Figura 47 Descarga informal de residuos fotografía Ing. Nelson Aguilar, Prisma mayo 2010.



Entre la fauna salvaje podemos observar que son habituales los gallinazos, las garzas blancas y negras, las palomas entre otras.

Los insectos más agresivos son las moscas que aparecen hacia el medio día, cuando se incrementa la temperatura

Figura 48 Gallinazos comiendo los desechos del botadero las Lomas y reposando sobre un Algarrobo, fotografía B. Montoro julio 2010



<p>Los residuos orgánicos sirven de alimento a cabras que son dejadas sueltas por sus propietarios, También se alimentan de residuos perros, cerdos, entre otros animales que circulan libremente por esta zona y al caer la tarde son recogidos por sus dueños</p> <p>Figura 49 Cabras domésticas comiendo los desechos, fotografía B. Montoro julio 2010</p>	
<p>En el mes de junio del 2010, la municipalidad retiró hacia un lado los desechos para que las llantas del camión recolector de basura no se pincharan con los vidrios, por lo que se modificaron las características de degradación esperadas en un botadero a cielo abierto.</p> <p>Por no tener otra alternativa para dejar los desechos, la población siguió llenando de basura el área despejada.</p>	 <p>Figura 50 Ing. Jorge Flores Jefe de Proyecto de cierre en el Botadero Las Lomas, fotografía Ing. Aguilar, junio 2010</p>

3.5.1. Cuenca Visual del paisaje en la zona del botadero

Para la comprensión del área recuperada del paisaje se toma como referencia la cuenca visual, La cuenca visual es el conjunto de superficies o zonas que son vistas desde un punto de observación, o dicho de otra manera, es el entorno visual de un punto.

La cuenca visual del botadero se determinó con la selección de un punto de observación a nivel de visor bajo (ser humano) desde el cual se barrió visualmente la zona de estudio hasta la lejanía, su extensión se determinó en donde se contactó con el relieve o algún otro elemento del paisaje, como los árboles del bosque seco y la topografía compuesta de lomas a lo lejos. El objetivo de que la cuenca visual es definir las zonas visibles y no visibles en el paisaje del botadero.

Para la elección del punto de observación se tuvo como criterio la concentración visual por parte de los usuarios, en este caso, la vía de acceso y la vía carrozable de tránsito hacia propiedades agrícolas y en particular el árbol donde se reúnen con frecuencia los mototaxis que transportan a la población y a los recicladores.

La cuenca visual del paisaje de Las Lomas es amplia, muy extendida, la cantidad de rayos visuales y de gran alcance es común en todos los puntos, permite tener amplia visión del paisaje, por lo mismo sus niveles de fragilidad son elevados y cualquier intervención es inmediatamente registrada por el observador desde cualquier punto de la zona.

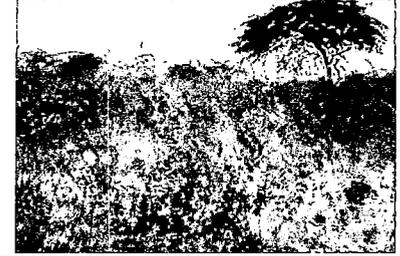
El bosque seco no presenta una alta densidad de árboles, lo que disminuye su fragilidad, todo lo que hay debajo de ellos es posible observarlos a una moderada distancia. Los árboles del bosque tampoco alcanzan alturas elevadas que disminuyan la fragilidad visual

Cuadro N°3 Características de la Cuenca visual que rodea al botadero

escenario	Presencia en el paisaje	Impactos en el paisaje
Punto de ingreso al botadero E9486752 N0584828	<p>Eliminaron la vegetación natural, donde antes fue un bosque salpicado de Algarrobos, hoy hay un gran área eriaza, paisaje degradado que se extiende aún más allá por las bolsas diseminadas por el viento.</p> <p>Figura 51 Paisaje del Botadero Las Lomas, fotografía Ing. Nelson Aguilar jun. 2010</p>	
	<p>Se han alterado las características visuales, la fotografía muestra un momento donde se retiraron y/o quemaron los desechos, estos montículos negros se ven a la distancia, empobreciendo más la calidad visual del paisaje.</p> <p>Figura 52 Pobre calidad visual en Botadero Las Lomas, fotografía Ing. N. Aguilar</p>	
	<p>La vía de acceso revela la presencia antrópica en el paisaje natural.</p> <p>Al fondo las estribaciones andinas muy suavizadas acompañan y enmarcan al bosque seco que se pretende recuperar.</p> <p>Figura 53 Vía de acceso al Botadero, fotografía Ing. N. Aguilar, junio 2010</p>	

La recuperación del bosque seco en la zona de cierre requiere considerar las características visuales originales y mejorarlas si es el caso vaya a ser utilizado como zona de recreación, este caso es el del botadero.

Cuadro N°4 Análisis de la Organización Visual

Características Visuales	Descripción	
<p>Importancia de las características visuales</p>	<p>Las principales características visuales de esta zona son un relieve bajo de lomas distantes que adquieren una tonalidad azul-gris, una relativamente poca densidad de la vegetación arbórea, compuesta por Algarrobos y Faiques, ambas especies de hojas caducas.</p>	 <p>Figura 54 Tres planos del paisaje, al fondo las lomas características de esta zona, seguidas por el bosque seco, en un primer plano el botadero, fotografía Ing. Nelson Aguilar, mayo 2010</p>
<p>Contraste Visual</p>	<p>Solsticio de verano, existe un mínimo contraste visual de coloración y textura en el entorno, la vegetación herbácea es exuberante en esta época del año Solsticio de invierno, el contraste de coloración entre los árboles y el suelo con vegetación seca da unas características particulares y su nombre de "Bosque Seco", las herbáceas estacionales que por su crecimiento salvaje pueblan las áreas libres, los troncos e inclusive las ramas de los árboles en verano, desaparecen en la temporada de invierno dejando ramas secas, color marrón claro.</p>	 <p>Figura 55 Contraste visual de la vegetación de verano, Fotografía B. Montoro abr.2010</p>  <p>Figura 56 Contraste visual en invierno, fotografía Ing. N. Aguilar mayo 2010</p>
<p>Dominancia visual</p>	<p>La topografía con lomadas bajas de esta zona permite una elevada dominancia visual, y un muy bajo grado de compacidad, tal que en invierno destaca el botadero como agresión al paisaje del Bosque Seco.</p>	 <p>Figura 57 Alta Dominancia visual del Botadero en el Bosque seco, fotografía Ing. Nelson Aguilar mayo 2010</p>

Elaboración propia, marzo 2011

3.5.2. Especies vegetales para la recuperación ecológica y paisajista

La restauración ecológica del paisaje de Las Lomas implicó devolver a sus ubicaciones originales, los árboles y arbustos que hubieran sido eliminados por efectos del botadero. Para este caso, primero se realizó la búsqueda bibliográfica de especies nativas y naturalizadas en la zona. Como segunda etapa, se consultó la investigación de especialistas que evaluaron el tipo de vegetación existente en esta zona del bosque seco, sus características y densidad. Una tercera etapa fue explorar con el apoyo de los especialistas en el bosque seco, la posibilidad de una recuperación a corto plazo de la zona con otras especies nativas del bosque seco, buscando que la flora disponible en Piura ó Las Lomas pudiera proporcionarnos el servicio de restauración deseado.

La bibliografía histórica sobre el bosque seco nos remitió a Weberbauer y Ferreyra ^{[34][44]}, ambos autores reportaron las principales especies de árboles y arbustos que figuran en el ítem “3.1.4. Vegetación del Bosque seco”. La información actual está basada en el levantamiento de la vegetación en los alrededores del Botadero realizada por el Ing. Agro. Nelson Aguilar ^[Apéndice 1, 2 y 3], y en “Relevamiento de las especies arbóreas en el área del Botadero Las Lomas, Piura” ^[Apéndice 4] de esta misma tesis.

Los especialistas que han realizado estudios precisos para esta zona son Linares et. al. ^{[37][38][39]} y el Proyecto Algarrobo del INRENA ^{[6][7]}. Estos estudios proporcionaron el tipo y la densidad de vegetación a alcanzar en el área estudiada.

Con respecto a la aplicación para la remediación ambiental de la zona de clausura del botadero, las plantas consideradas valiosas para la restauración deberían presentar las siguientes cualidades ^{[48][50][55][60]}.

1. Ser de fácil propagación.
2. Resistir condiciones limitantes como, baja fertilidad, sequía, suelos compactados, de pH alto o bajo, salinidad.
3. Tener un crecimiento rápido y buena producción de materia orgánica como hojarasca, de preferencia con una relación alta de C/N.
4. Tener alguna utilidad adicional a su efecto restaurador; por ejemplo, servir de cobijo y favorezca el restablecimiento de las poblaciones de

elementos de la flora y fauna nativas, proporcionándoles un hábitat y alimento.

5. Baja tendencia a adquirir una propagación malezoide invasora, incontrolable.
6. Presencia de nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas que compensen el bajo nivel de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes en el suelo.
7. No ser comestibles por el hombre o por animales que pueden ser consumidos por éste.

Con una adecuada instalación de redes y/o conglomerados de vegetación apropiadamente escogida, las plantas pueden llegar a facilitar de forma natural el reciclaje de nutrientes, preservar la fertilidad y en general acercarse a la manera del funcionamiento de las comunidades naturales, así como preservar la zona de erosión por viento, todo con una baja mortandad.

Vegetación nativa ubicada en el área del botadero

En el bosque seco en general, hay especies leñosas nativas que son potencialmente valiosas para proceder a utilizarlas con los propósitos antes mencionados. El primer paso consistió en inventariar los recursos vegetales disponibles para la estabilización de suelo, absorción de agua de escorrentía y que en su conjunto completaran el paisaje del bosque seco a través de las redes restauradoras.

Con ese objetivo y para incrementar el conocimiento acerca de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, se investigó la vegetación local y sus usos conocidos, el conocimiento empírico y científico existente, así como su capacidad de resistencia al uso intensivo de la disposición de residuos entre ellas, del reciclaje y otros aspectos observados.

Se hizo un relevamiento de la vegetación en los alrededores y dentro del botadero las Lomas, tal como se muestra en los Apéndices 1, 2 y 3, la vegetación fue fotografiada en el mes de junio del 2010, debido a que ya se manifestaba el fenómeno de la Niña, se observó que las herbáceas aún estaban en su periodo vegetativo activo, el levantamiento se apoyó en la experiencia del Ing. Agrónomo Nelson Aguilar de la A. B. PRISMA y de personas del lugar, así como en bibliografía especializada.

La vegetación arbustiva y arbórea, compuestas por las especies de Faique arbustivo *Acacia hórvida*, el árbol denominado también Faique *Acacia macracantha* ambas especies se encontraron creciendo sobre la basura con una altura de 25 cm a 55 cm, su desarrollo foliar era bastante regular aparentemente debido a que la descomposición de los residuos no era muy activa y los niveles de metano eran muy bajos.



Figura 58 Faique creciendo entre residuos del Botadero Las Lomas, fotografía Ing. Nelson Aguilar mayo 2010

En los Apéndices 1, 2 y 3 se presentan las herbáceas, arbustos y árboles encontrados en un radio de 20 m alrededor del botadero antes de su clausura, allí figuran especialmente las herbáceas que tapizarán el área clausurada y servirán de elementos biológicos para la absorción del agua de lluvia, por motivos obvios no se mencionan algunas plantas comestibles rastreras encontradas como el tomate y el zapallo, que por su uso doméstico las semillas brotan habitualmente en los botaderos. ^[60].

Los arbustos encontrados, si bien es cierto que la mayoría son especies naturalizadas a la costa peruana, por su larga historia de permanencia en este lugar serán utilizadas en la restauración del paisaje, tal como el Overo y la buganvilia, a excepción de la higuera *Ricinus comunis*, especie invasora y tóxica procedente de África tropical.

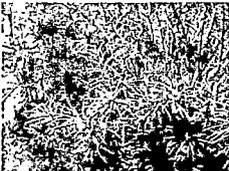
El Algarrobo tampoco se consideró para su reinstalación en el área intervenida por varias razones, primero porque es un árbol comprobadamente resistente que probablemente brotará de las raíces existentes cuando comience la temporada de lluvias, segundo porque es un árbol comestible, tercero porque su madera es muy apreciada para utilizarla como leña y al ser recogida del botadero puede que los árboles hayan captado sustancias tóxicas en sus tejidos, que a su vez se podrían liberar al ser quemado.

La zona presenta especies arbustivas que por sus características estéticas fueron seleccionadas para reinstalarlas ordenadamente a un patrón por definir, estas son el Overo *Cordia lutea* con flores de color amarillo y textura media de sus hojas y la Buganvilia *Bougainvillea peruviana* para las flores de color rojo encendido y que se extiendan como un arbusto protector.

		 <p>Figura 64 Faique detalle de hojas y floración www.plantes-botanique.org</p>  <p>Figura 65 Faique www.worldwidewattle.com</p>  <p>Figura 66 Faique detalle de floración www.gislab.fiu.edu</p>	<p>es monopódico; corteza externa color marrón, leñosa, agrietada, con lenticelas horizontales. Ramitas espinosas; hojas compuestas bipinnadas, alternas, con 10 a 25 pares de pinnas; Inflorescencia de capitulo globoso, anaranjado-amarillo dorado, fragantes tubuliformes, estambres exertos y numerosos. Fruto de tipo legumbre de 8 a 12 cm, cilíndrico a subcilíndrico, aplanado, pardo negruzco cuando están maduros, semillas de color café oscuro, las semillas varían en su número 5 a 7, muy duras, y atraviesan el tubo digestivo de los animales sin sufrir alteración mecánica (Quijandria et al. 2002)</p> <p>Efecto restaurador:</p> <p>El faique tiene una enorme potencialidad para poblar áreas degradadas en zonas áridas y semiáridas, Es una especie que prospera en climas con temperaturas medias de 21 a 25°C y precipitaciones promedio de 500 a 1000 mm. Prefiere rangos altitudinales entre 0 a 3000 msnm., en pendientes rocosas y áreas disturbadas. En su hábitat tiene un crecimiento acelerado y agresivo, responde muy bien al cerramiento, no es exigente en suelos ni en humedad y se asocia muy bien con cultivos anuales y pastos de temporal.</p>
"Palo verde"	<i>Cercidium praecox</i>	 <p>Figura 67 Palo Verde, foto B. Montoro jul 2010</p>  <p>Figura 68 Palo Verde-detalle de tronco foto B. Montoro jul 2010</p>	<p>Árbol Nativo de bosques seco se distribuye desde México, Ecuador, Perú Bolivia y Argentina</p> <p>Valores estéticos destacados:</p> <p>Tiene porte arbustivo espinoso, de 3 a 8 m de altura, con tronco de 10 a 30 cm. de diámetro, corto, tortuoso y corteza lisa, característica por su color verde claro. Las ramas son tortuosas y de color verde. Generalmente en cada nudo hay espinas, casi siempre solitarias, de hasta 2 cm. de longitud. Las hojas son compuestas, pequeñas y se caracterizan por brotar después de iniciada la floración (Burkart, 1962)(S. P. Alesso, P. Araujo R. Tapias)</p> <p>Efecto restaurador:</p> <p>De la familia Fabaceae, por su característica de especie pionera o colonizadora es útil para restaurar ambientes degradados, suelen formar los "breales", rodales casi puros de esta especie (Burkart y Carter, 1976; Martínez Carretero, 1986; Páez y Marco, 2000).</p>
"Charán"	<i>Caesalpine a pai pai</i>		<p>Esta especie es nativa de Ecuador y Perú, de la denominada región "Tumbesina"</p> <p>Valores estéticos destacados:</p> <p>Árbol de la familia Fabaceae, caducifolio propio del bosque seco de hasta 13 m de altura. Tallo papiráceo que se desprende en forma irregular, fuste irregular o cilíndrico, presenta lenticelas equidimensionales</p>

		 <p>Figura 69 Charán www.bosquepuyango.ec</p>	<p>solitarias y en filas horizontales. Hojas bipinnadas y alternas, con estípulas, pinnas cortas de 3 a 8 pares por hoja.</p> <p>Efecto restaurador:</p> <p>La madera es usada para hacer carbón y leña. Las legumbres secas son usadas para obtener tintes y en curtiembre. El fruto como forraje para el ganado. Las vainas son alimento para ardillas y pericos. La vaina molida se usa para cicatrizar las heridas, hervida mediante gárgaras para las amígdalas. La madera es usada también para vigas y columnas.</p>
Parkinsonia	<i>Parkinsonia aculeata</i>	 <p>Figura 70 Parkinsonia www.delange.org</p>  <p>Figura 71 Parkinsonia www.ag.arizona.edu</p>	<p>Se encuentra en las formaciones ecológicas (Holdrige) Estepa Espinosa Montano Bajo y Bosque Seco Montano Bajo. Es nativa de Africa y América.</p> <p>Asociado con: <i>Prosopis palida</i>, <i>Acacia macracantha</i>, <i>Eriotheca ruizi</i>, <i>Cavanillesia platanifolia</i>, <i>Guayacán (Tabebuia chrysantha)</i>, <i>Hualfaco (Loxopterygium huasango)</i>, <i>Palo santo (Bursera graveolens)</i>, <i>Guarapo o Castaño (Terminalia valverdae)</i>, donde la precipitación generalmente está por debajo de los 1000 mm.</p> <p>Valores estéticos destacados:</p> <p>Árbol siempreverde, con un sistema radicular de raíz pivotante, el color de follaje es verde claro con ramas colgantes dándole a la planta aspecto llorón de textura fina. La flor aparece en racimos colgantes de color amarillo-anaranjado, florece por lo general entre los meses de Enero a Marzo Sus frutos son legumbres de 8 a 10 cm, de color marrón La fructificación es a principios de otoño y permanece todo el invierno.</p> <p>Efecto restaurador:</p> <p>Habita en quebradas y cauces secos, juega un rol importante en el ecosistema, las flores alimentan al venado gris o de cola blanca, ardillas, soña, chiroca, picaflores, florece en la época seca y de manera muy intensa, potencial mielífero, la ardilla de nuca blanca, el chilalo y loritos anidan en su tronco y ramas, visitado por pajaros carpinteros y osos hormigueros. Las hojas forman suelo y las semillas alimentan al sajino (Brack,A)^[2].</p>
"Porotillo"	<i>Erythrina smithiana</i>	 <p>Figura 72 Porotillo -detalle de tronco, foto B. Montoro jul 2010</p>	<p>Esta especie es nativa de Ecuador y Perú, encontrándose inclusive en Hawai.</p> <p>Valores estéticos destacados:</p> <p>De la familia Fabaceae, el Porotillo crece disperso en los bosques secos, con mayores concentraciones en los suelos aluviales, cerca de las quebradas y cauces secos. Es una especie caducifolia. El tronco es de color marrón y cubierto de espinas cortas y dispersas. La madera es fofo y suave, poco resistente, por lo que no tiene demanda como</p>

		 <p>Figura 73 Porotillo detalle de floración www.pflanzen-im-web.de</p>	<p>especie maderera y se ha salvado de la tala masiva. Pertenece a la familia de los frijoles (fabáceas) y su fruto es una vaina, con semillas duras de color rojo intenso, que en algunas zonas se conocen como huayruros.</p> <p>El porotillo florece durante la época seca y en forma muy intensa, tanto que el suelo al pie del árbol se tiñe de rojo.</p> <p>Efecto restaurador:</p> <p>Es una especie que alberga diversos animales pequeños y aves, por lo que es deseable su inclusión como apoyo a la recuperación ecológica. Juega un rol importante en el ecosistema del bosque seco por las siguientes razones: Las flores, son un alimento importante para el venado gris o de cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>). Los venados se concentran al pie de los árboles para consumir las jugosas flores.</p> <p>Numerosas especies de la fauna visitan las flores del porotillo para alimentarse de ellas. Algunas especies se alimentan de pétalos y vainas tiernas, como la soña (<i>Mimus longicaudatus</i>), la chiroca (<i>Icterus graceannae</i>), la ardilla de nuca blanca (<i>Sciurus stramineus</i>), y la iguana (Iguana iguana). Otras especies se alimentan del polen y del néctar, como los picaflores (especialmente <i>Leucippus baeri</i>, especie endémica del bosque seco), las abejas, las mariposas y varios murciélagos.</p> <p>Es un lugar de nidificación. La ardilla de nuca blanca hace nidos de fibras y hojas en sus ramas. El chilalo (<i>Furnarius leucopus</i>) construye su hermoso nido de barro en sus ramas. En el tronco hacen sus nidos el lorito esmeralda (<i>Forpus coelestis</i>) y varios carpinteros. En huecos abandonados se refugian varias especies de murciélagos y los comejenes construyen sus abultados nidos.</p> <p>Las hojas caídas del porotillo forman una capa sobre el suelo, debajo de las cuales encuentran refugio los alacranes y las hormigas.</p>
Overo	<i>Cordia lutea</i>	 <p>Figura 74 Overo en botadero foto B. Montoro jul 2010</p>  <p>Figura 75: Overo detalle de floración www.lookfordiagnosis.com</p>	<p>Es una especie nativa de bosque seco que se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta Sudamérica, encontrándose inclusive en las islas Galápagos.</p> <p>Valores estéticos destacados:</p> <p>Boraginaceae Arbusto de hasta 7,5 m de altura, muy frondoso en lluvias; se seca en verano. Abundante en el valle. Tallo leñoso color pardo oscuro agrietada, fuste deforme, con abundantes ramas; cuando es arbusto la copilla es bien extendida, usado para cercos, leña. Hojas acorazonadas típicas. Flor amarilla abundante en las matas es usada como medicina. Hojas simples, alternas, sin estipulas, sub-redonda a ovado elíptica, borde</p>

			ligeramente crenado, ápice redondo y base obtusa, de consistencia cartacea, pubescentes, en el envés con pelos cerosos e hirsutos. Flores en inflorescencia panícula. Fruto baya, de color blanquecino, globoso, con 2 semillas. Semillas duras y leñosas.
Buganvillea	<i>Bougainvillea peruviana</i> <i>B. pachyphylla</i> , <i>B. buttiana</i>	 <p>Figura 76 Buganvillea www.lamolina.edu.pe</p>	<p>Estas variedades están distribuidas por las zonas áridas americanas desde el sur de México, Ecuador, Perú, Brasil y Colombia y en el sur de España.</p> <p>Valores estéticos destacados:</p> <p>La buganvillea es una planta rastrera que produce toda gama de colores en sus "flores", que en realidad son hojas modificadas. La flor es blanca y diminuta, rodeada de esas hojas modificadas las "brácteas". El tronco y las ramas tienen espinas.</p> <p>Efecto restaurador:</p> <p>Esta planta de la familia Nyctaginaceae, capaz de resistir todos los climas, especialmente los cálidos y secos. En las zonas tropicales de América del Sur, florece todo el año, especialmente si hay restricción de agua.</p>
"Bellaquillo"	<i>Thevetia peruviana</i>	 <p>Figura 77 Bellaquillo, foto BMontoro jul 2010</p>  <p>Figura 78 Bellaquillo detalle de flor fotografía B. Montoro jul 2010</p>	<p>Esta especie es originaria de América tropical encontrándose desde el sur de México hasta toda Sudamérica.</p> <p>Valores estéticos destacados:</p> <p>De la familia de las Apocinaceae, es un arbusto cupuliforme que alcanza 3 - 4 m, con tronco corto y ramificación irregular. Las hojas son alternas, enteras, cortamente pecioladas, linear-lanceoladas, de 7-15 cm de longitud, de color verde lustroso, con la nerviación lateral poco perceptible. Flores amarillas o naranja claro, ligeramente perfumadas y de 5 cm de diámetro, brotan sobre pedúnculos largos. Florece a intervalos durante buena parte del año en su hábitat nativo. Los frutos son drupas carnosas de forma curiosa, redondeadas y con costillas; al madurar cambian del verde al negro, pasando por el rojo. Algunos las consideran amuletos de la suerte, aunque son venenosas. Su látex y sus semillas son venenosas, ya que contienen heterósidos cardiotónicos de tipo cardenólido, como la tevetina, y produce síntomas de intoxicación parecidos a los de la adelfa.</p>

Conclusiones

1. El botadero es un área que contamina y degrada el bosque seco de Las Lomas, la cantidad de residuos depositados atrae a fauna carroñera que desplaza la fauna existente.
2. En dos años de funcionamiento del botadero el paisaje árido que lo rodea se ha ampliado en 2 ha aproximadamente y se han eliminado los Algarrobos que crecían sobre él, se ha perdido la imagen y continuidad del paisaje del bosque seco.
3. La vegetación encontrada y la vegetación que se propone, se puede considerar que es nativa del bosque seco y naturalizada a la zona de estudio.
4. La formación de árboles está dominado por un 95% de Algarrobos, *Prosopis pallida* y en porcentaje poco significativo se encuentra el árbol Faique *Acacia macracantha*. Se registraron además dos especies de arbustos *Buganvillea Bougainvillea peruviana* y *Overo Cordia lutea* de gran potencialidad restauradora y paisajística; también 18 especies de herbáceas [Apéndice 1].
5. La vegetación nativa pionera seleccionada para la restauración ecológica y paisajística es de fácil propagación, resiste las condiciones limitantes del botadero y del ecosistema, como la sequía, los suelos compactados, el pH alto o bajo, la salinidad, y por sus características del follaje servirá de barrera para el viento. Tiene un crecimiento relativamente rápido y por ser vegetación decidua tiene buena producción de materia orgánica como la hojarasca, algunas especies, como el Arabisco, tienen una relación alta de C/N con la presencia de nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas, que compensen el bajo nivel de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes en el suelo. Todas son especies deseables de ser reinstaladas en el área clausurada porque al ser de hoja caduca, favorecen la restauración o la formación del suelo.
6. Las especies arbustivas seleccionadas tienen una alta tendencia a adquirir una propagación malezoide invasora, incontrolable, que se puede mantener en tanto se absorben las sustancias tóxicas; luego se

deberán retirar, volver a plantar especies similares a las que se realizará una poda anual.

7. La vegetación al ser nativa servirá de cobijo y favorecerá el restablecimiento de las poblaciones de elementos de la flora y fauna, proporcionándoles un hábitat y alimento.
8. Las especies de raíces profundas servirán para el proceso de fitorremediación, se espera que absorban los lixiviados que se hayan desplazado hacia las capas más profundas del subsuelo y las especies de raíces extendidas serán las que ayuden a estabilizar los montículos de residuos para retardar o limitar su asentamiento. Estas especies pioneras deberán ser retiradas e incineradas una vez cumplan esta función inicial. En el lugar se deberá reemplazarlas por plantas de la misma especie para que sigan procesando los residuos.
9. La vegetación deberá cumplir además con la función de fito-absorción superficial de agua de lluvia.
10. Una adecuada instalación de redes y/o conglomerados de vegetación apropiadamente escogida, puede facilitar de forma natural el reciclaje de nutrientes, preservar la fertilidad y acercarse al funcionamiento de las comunidades naturales, a su vez preservar la zona de erosión por viento.
11. Una adecuada selección de vegetación con fines paisajísticos permite matizar texturas de follaje, colores variados en la época de floración, minimizar la actual fragilidad del paisaje del botadero y complementar el paisaje existente.

CAPITULO IV RESTAURACIÓN DEL PAISAJE

Introducción

La presente investigación se basó en las técnicas de la disciplina Ecología del Paisaje ^{[18][24][29]} y de la fitorremediación como una forma de Gestión Ambiental en la disposición final de los residuos sólidos. En ambas disciplinas existen métodos que se complementan para lograr la restauración paisajista de una zona degradada por el uso como botadero a cielo abierto, orientada al beneficio del ecosistema, del paisaje y de la población vecina.

Esta investigación llegará a ser un Proyecto Piloto con la instalación de la cobertura vegetal al cierre del botadero, y pretende aportar a la fitorremediación de esta área con una mejora en las características finales del paisaje, adecuando la localización de esta vegetación a las técnicas de la restauración ecológica-paisajística.

Para que la restauración del paisaje sea sustentable económica y ambientalmente, se recurrirá a la Megadiversidad local, tal que sólo se requiera algunos cuidados iniciales para que luego la vegetación se desarrolle en armonía a las condiciones climáticas y edáficas del lugar.

Para lo cual, ordenado metodológicamente y aplicado en la conformación del área clausurada del botadero del distrito las Lomas en Piura, se utilizarán los métodos de Long ^[23] y de Forman & Godron ^{[18][29]} que tratan del análisis del Geosistema y de la Recuperación del mosaico del paisaje; por otro lado se considerará aplicar las técnicas y experiencias, chilena, ecuatoriana y española en las que se utilizaron especies nativas y/o naturalizadas para la remediación de vertederos.

El lugar de la experiencia se ubica sobre un área ecológicamente única del Bosque Seco muy ralo de lomadas y colinas del distrito de Las Lomas, Piura, zona cuya vegetación ha sido investigada el siglo pasado por Augusto Webberbauer ^[44], Ramón Ferreyra ^[35] y el Proyecto Algarrobo del INRENA ^[6]; más recientemente por Reynaldo Linares-Palomino & María La Torre ^[39], cuyos estudios se tomaron como información base para la evaluación de las especies vegetales nativas, el nicho ecológico de su localización y su densidad naturalmente establecida.

4.1. EL PAISAJE Y SU FRAGMENTACIÓN EN LA ZONA DEL CIERRE DEL BOTADERO LAS LOMAS

4.1.1. Descripción y objetivos

La investigación del área de bosque seco alrededor de la zona del botadero municipal del distrito Las Lomas, fue realizada durante un periodo de 11 meses utilizando dos escalas de análisis, en primer lugar escala de macro paisaje para medir la fragmentación sufrida sobre el mosaico paisajista del bosque debido a la expansión de las actividades agrícolas, al uso de especies arbóreas para leña y a la utilización de una zona como botadero.

En segundo lugar, se consideró una micro escala a nivel del peatón y con un radio de 10 m alrededor del botadero. Se observó la existencia de la vegetación predominante en sus alrededores, localizando en planos, identificando y clasificando los árboles y los arbustos.

Se encontró y señaló algunas especies que crecían sobre los residuos y que tenían una buena adaptación a la descomposición de los residuos, a las posibles emanaciones de gases, a la quema informal de residuos -para la selección de chatarra y a la selección de residuos comestibles para alimento de animales domésticos. En la clausura del botadero, la vegetación encontrada se complementaría instalando otras variedades nativas procedentes del bosque seco, variedades que ya se han descrito en el Capítulo III de la presente tesis.

Objetivo general

Restaurar el paisaje de Bosque Seco muy ralo de lomas y colinas en la zona de cierre del botadero municipal de Las Lomas en Piura, utilizando las especies vegetales nativas del bosque seco, no comestibles.

Objetivos específicos

- Analizar el Geosistema del bosque seco y su fragmentación en el distrito Las Lomas en una escala macro y determinar la unidad paisajista que se constituirá en la Matriz del paisaje del botadero Las Lomas
- Analizar la fragmentación existente en la Unidad paisajista Matriz que contiene el área clausurada del botadero de Las Lomas.

- Determinar la fragmentación y los corredores paisajistas a restituir en la zona de clausura.
- Determinar el tipo, el número de las conexiones y las zonas del paisaje afectado.
- Revisar la estructura del bosque seco con las especies arbóreas e interpretar las redes de restauración y sus conexiones en base a los árboles eliminados y a los árboles existentes.
- Determinar las técnicas de cierre más apropiadas para ser aplicadas a este tipo de restauración ambiental.
- Determinar las especies vegetales que se hayan adaptado a la descomposición de los residuos de la vegetación existente en el área del botadero, en un radio de 10 m a su alrededor.
- Determinar qué especies vegetales se instalarán, los volúmenes, el tipo y el porcentaje de la vegetación nativa y naturalizada del bosque seco del distrito de Las Lomas.
- Establecer las técnicas de plantación y el riego para la instalación de la vegetación pionera.
- En base al crecimiento de la vegetación instalada presentar un gráfico que simule el crecimiento de la vegetación.

4.1.2. Alcances y limitaciones

La presente investigación se apoyó en la información técnica, biológica y ecológica, entre otras existentes sobre el bosque seco de Piura, por parte de instituciones locales, extranjeras e investigadores de la problemática del bosque seco cuyo detalle figura en la literatura citada.

Para la investigación sobre técnicas de gestión de los residuos sólidos utilizando vegetación, se recurrió a literatura nacional y extranjera, principalmente las experiencias sudamericanas de Chile y de Loja en Ecuador, que tienen similares ecosistemas y problemas de residuos similares al Perú.

Para la instalación de la vegetación a modo de Proyecto Piloto, la fuente consultada fueron los estudios realizados para el Proyecto "Implementación del sistema de manejo integral de residuos sólidos urbanos en el distrito de Las Lomas", [ver Anexos y Anexos electrónicos] con el cual se clausuró el botadero municipal Las

Lomas según convenio firmado entre el Fondo Contravalor Perú- Alemania y la Municipalidad de este distrito, así como el Proyecto Algarrobo del INRENA.

Las condiciones para la ejecución de esta experiencia fueron limitantes y a su vez un desafío, la principal limitación se encontró en la etapa final de instalación y la prueba del crecimiento de la vegetación, debido a que el cierre del botadero no siguió las pautas técnicas estándares, es decir no se impermeabilizó completamente el suelo ni se colocó la geomembrana sobre los desechos, se instaló una cubierta de la tierra extraída de la excavación para el nuevo relleno sanitario. Esta limitación se debe principalmente a que los fondos dados para este proyecto no fueron los suficientes para seguir un procedimiento estándar, situación que refleja las limitaciones con las que se trabaja a diario en todo el Perú.

Una segunda limitación se presentó a lo largo del proceso de investigación y por razones ajenas a ésta, y no se pudo seguir el cronograma inicialmente planteado los plazos de clausura e instalación se extendieron en 6 meses adicionales, debido a inconvenientes en el uso de las maquinarias de la municipalidad de Las Lomas, seguido por el cambio de autoridades, motivo por el cual en vez de instalarse la vegetación en julio del 2010, se instaló el 13 de diciembre 2010, supeditándose los resultados a obtener en la investigación a los cambios de temperatura y humedad al pasar de una estación seca y fría a una estación cálida y cercana a las lluvias. El clima en este periodo tampoco se presentó de manera usual, se manifestó el fenómeno de la Niña y hasta la fecha se observa un periodo de sequía.

En el botadero a cielo abierto el seguimiento del proceso de descomposición de los residuos no ha sido posible, porque los residuos han sido removidos constantemente por los recicladores que queman los desechos para obtener restos de chatarra; también intervino la municipalidad reubicando los residuos con maquinaria hacia un costado para hacer espacio para más desechos, todo lo cual ha provocado que la descomposición pueda ser constantemente aeróbica y en muy corto plazo de modo imprevisible, anaeróbica.

En la plantación del área piloto, se ha tenido dificultades para conseguir las especies escogidas, porque al no ser especies comerciales, no se encuentran a disposición en invernaderos o viveros, por ello el suministro de la vegetación nativa se encargó al especialista en bosque seco, Ing. Agrónomo Mario Matorel,

quien las propagó desde semillas y con su conocimiento de la vegetación del Bosque seco asesoró sobre las especies más apropiadas para la cobertura vegetal.

El riego inicial -antes de la época de lluvias- que favorecería el crecimiento de las plantitas, se previó con la utilización de los microrreservorios diseñados por el Ing. Matorel consistente en 4 unidades de botellas plásticas recicladas, perforadas y unidas entre sí para obtener un solo contenedor de agua que filtrará gotas de agua durante un mes, para ser recargadas manualmente, labor encomendada a las autoridades municipales.

Otra limitación fue el breve periodo de un año dado por la facultad de Ingeniería Ambiental para la culminación de la investigación, este plazo limita la observación de la experiencia, porque el estudio debió concluir sólo en resultados relativamente descriptivos y con proyecciones del crecimiento vegetal de modo gráfico. Sin embargo, queda abierta la posibilidad para seguir monitoreando los resultados obtenidos de la restauración del paisaje y la fitorremediación de los residuos.

El estudio ha comenzado en el mes de abril del 2010 y concluyó en el mes de marzo del 2011, un ciclo biológico anual, con una última toma de datos y fotografías. La instalación de la vegetación se realizó en el mes de diciembre 2010.

Por estar atravesando un fenómeno de la Niña, no se pudo observar el cambio estacional esperado en el paisaje, éste se mantiene como un paisaje árido por la sequía provocada por este fenómeno. Los cuidados de riego y protección dados a la vegetación, han permitido que ésta se desarrolle de manera moderada, pero segura.

4.1.3. Materiales y métodos

La restauración del paisaje en la zona del botadero se planteó en dos escalas de evaluación del ecosistema existente, la primera, a nivel de matriz general se realizó en un área significativa de 61,247 ha aproximadamente, que abarcó el bosque seco circundante al centro poblado Las Lomas y la segunda escala a nivel del observador, correspondiendo a 1.05 ha del área a restaurar en el botadero y sus alrededores.

Tabla 10 Materiales para la recuperación del paisaje del Botadero Municipal del distrito Las Lomas, Piura

Material	Objetivo / Descripción
Computador personal.	Trabajo de gabinete. Propiedad personal.
Sistema de Posicionamiento Global Satelital GPS navegador Garmin V.	Determinación de coordenadas de sitios de interés, realizar itinerario de trabajo de campo, rutas, accesos y trayectos.
GPS navegador Garmin 12.	Determinación de coordenadas de sitios de interés, realizar itinerario de trabajo de campo, rutas, accesos y trayectos, propiedad INIFUA.
Cinta métrica 50 m.	Mediciones en el terreno.
Pala barreno para muestreo de suelo, bolsas especiales.	Para la toma de muestra de suelo para distintas capas y horizontes. Propiedad municipal.
Brújula magnética.	Para orientación y medición en el terreno. Propiedad personal.
Prismático óptico.	Para las observaciones de interés (fauna), propiedad personal.
Cámara digital, marca SONY.	Registro fotográfico digital de escenas de interés.
Moto.	De propiedad del municipio Las Lomas.
Mototaxi.	Alquilado.
Tiza para marcar.	Delimitación de las áreas de plantación.
Volquete y personal especializado.	Propiedad del Municipio las Lomas.
Suelo vegetal traído de la excavación del relleno sanitario Las Lomas.	m ³ para la cobertura final del botadero.
Personal jardinero para la instalación de la vegetación.	12 personas.
Material desinfectante, agua y jabón.	Uso sanitario.
Alojamiento, viáticos y transporte.	En Lima, Piura y Las Lomas.
Vegetación	Trabajo de campo
árboles	unidades instaladas
Faique – <i>Acacia macracantha</i>	7 u
Palo verde – <i>Cercidium praecox</i>	5 u
Eritrina – <i>Erythrina smithiana</i>	5 u
Palo santo – <i>Bursera graveolens</i>	3 u
Charán – <i>Caesalpinea pai pai</i>	4 u
Parkinsonia – <i>Parkinsonia aculeata</i>	3 u
Arabisco – <i>Leucaena leucocephala</i>	4 u
arbustos	unidades instaladas
Overo – <i>Cordia lutea</i>	4 u
Bellaquillo – <i>Thevetia peruviana</i>	35 u
Buganvilla – <i>Bougainvillea peruviana</i>	8 u
Cubresuelos	unidades
Los que broten naturalmente por efecto de la lluvia.	s/c
Micro-reservorios.	78/ cada uno compuesto por 4 botellas de 3 l.
Botellas como protectores de arbolitos.	78
Tutores a base de caña.	78-80

Elaboración propia, junio 2010

Métodos

La restauración del paisaje al clausurar el botadero las Lomas comprendió de dos etapas de análisis e intervención: en primer lugar, la evaluación espacial del área del botadero conformada dentro de una Unidad Paisajista Matriz base, teniendo en cuenta las características del Geosistema a recuperar de los efectos y fragmentación en el bosque seco, dados por el botadero. En segundo lugar, el diseño de las redes de restauración ecológica, de los sistemas de control de aguas superficiales y de drenaje, de la cobertura vegetal final y el posible control de los asentamientos.

Se espera que los procesos biológicos de la vegetación estabilicen el interior y exterior el botadero, en un proceso de fitoestabilización, tal que las raíces entretejidas en los residuos aminoren el asentamiento y que a su vez absorban el agua de escorrentía en un proceso de bioabsorción, así como que acumulen en sus tejidos las sustancias tóxicas.

1. Como primer paso se identificó la Unidad Paisajista Matriz, identificando la estructura y las características de homogeneidad del paisaje del distrito de las Lomas.
2. Se analizaron 61,247 ha, utilizando las técnicas de análisis y evaluación de los patrones espaciales de Long, citados por Olff ^[70], graficando la información de fuentes oficiales (SENAMHI, INGEMMET, CIPCA, entre otras) en mapas temáticos que luego se superpusieron con el fin de integrar estos atributos y comprender el Geosistema de Las Lomas y su mosaico como un macro paisaje.
3. Del resultado de la superposición de los mapas temáticos y el cruce de las variables, se obtuvieron varias unidades paisajistas que se delimitaron gráficamente y de las cuales se escogió la Unidad Paisajista que contiene la zona del botadero. Esta unidad fue identificada como la Unidad Paisajista Matriz (UPM) y base para los análisis y propuestas posteriores.
4. En la UPM se señalaron sus patrones síntesis de geomorfología, altimetría, suelo, temperatura, precipitación y cúmulos de vegetación.
5. El indicador utilizado para la evaluación de las unidades de vegetación, conformadas por el tipo y la cantidad de árboles existentes fue la información de tipo de árboles y densidad en el Bosque Seco del Proyecto Algarrobo (INRENA 1997) ^[6] contrastándolo con la cantidad y

distribución espacial del relevamiento de los árboles obtenidos en la fotografía aérea del Servicio Aerofotográfico Nacional del año 1990 y en la imagen satelital Google del año 2007, precisando esta información con el relevamiento en campo de los árboles y los arbustos realizado con un GPS (Global Positioning System) el mes de julio del año 2010.



Figura 80 Superposición de imagen satélite Google ^[67] sobre foto aérea Servicio Aerofotográfico Nacional ^[Anexo 5]

Estos procedimientos de evaluación se automatizaron en planos temáticos que interrelacionaron las variables que a su vez generan el mosaico sobre la Unidad Paisajista Matriz.

6. De estos resultados, utilizando el método gráfico de Forman y Wenche ^[29], se evaluó con mayor detalle la fragmentación del bosque seco en un área de 82.5 ha, sobre la cual se identificaron los parches en el paisaje, determinándose su número, tamaño medio, su forma y distribución, así como el perímetro y la cantidad de bordes entre ellos. Distinguiéndose el nivel de alteración del paisaje como “salpicado o jaspeado”.
7. Luego, se estudió la conectividad entre los parches mediante el análisis de los corredores, número y forma de sus cruces, y la conformación de las posibles redes de restauración.
8. En gabinete y en campo se analizó el volumen y las características de los residuos depositados en el botadero, definiendo las formas y volúmenes finales del área a ser cerrada. Por el volumen de residuos 494.49 tm/mes durante 3 años se estimó unas 4,747 tm.
9. Por la forma de distribución y pendientes, la altura máxima de los montículos debería ser de 60 cm.
10. Se tomaron muestras de la tierra del relleno sanitario a ser utilizada como cobertura de cierre del botadero; recogidas a dos niveles, a 1.5 m de profundidad para conocer sus características de permeabilidad porque se utilizó como cobertura de impermeabilización y a 25 cm de profundidad para conocer sus características de pH y del suelo cultivable, esa capa es la que recibió a la vegetación sobre el área clausurada del botadero. Se encontró que la permeabilidad es de $3.20 E^{-0.5}$.

la que recibió a la vegetación sobre el área clausurada del botadero. Se encontró que la permeabilidad es de $3.20 E^{-0.5}$.

11. En gabinete se dibujó la zona y la topografía final del área de cierre considerando las redes existentes y los volúmenes de los residuos. Se dibujaron los árboles en su antigua ubicación y los árboles relevados en campo en un radio de 10 m alrededor del botadero, también se consideraron los árboles en crecimiento al interior del botadero, entre los residuos.
12. Se estudiaron las interrelaciones de la vegetación histórica existente y/o la eliminada y la actual, por lo que se trazaron las redes de corredores que conectasen los parches encontrados, todo con el objetivo de restablecer los flujos (de materia y energía) que hubieran sido interrumpidos por el uso como botadero. El diseño contempló tener un número máximo de cruces entre los corredores.
13. Los residuos vertidos y en proceso de descomposición; son los que fueron generados por el uso doméstico de una población de características urbano-rurales, por las actividades mineras incipientes pero en constante desarrollo y por actividades del establecimiento de salud.
14. La cobertura final se hizo con una capa impermeabilizante de tierra areno-arcillosa de 45 cm y posteriormente una capa de 60 cm de profundidad con la tierra vegetal de la excavación del relleno sanitario. Se modelaron lomas para evitar el ingreso de lluvia, cuyos bordes son las zanjas de coronación.
15. Se seleccionó la vegetación nativa más apropiada para los objetivos de remediación del botadero, los árboles de raíces profundas para la absorción de lixiviados en napa profunda y los árboles de raíces extendidas para que estabilicen los residuos. Los arbustos de follaje medianamente tupido para que sirvan de barrera de protección contra la erosión del viento y evitar la dispersión de la capa de tierra vegetal
16. Los arbustos cobijarán las especies pequeñas, tanto de vegetación, como de insectos, reptiles y aves.
17. La vegetación mencionada se instaló en las zanjas de coronación para que absorban la escorrentía y pudieran tejer sus raíces hacia los

residuos, estas zanjas cumplen la función adicional de red de restauración ecológica.

18. En la superficie de las lomas crecerán las herbáceas nativas espontáneamente de las semillas existentes en la tierra de cobertura utilizada.
19. Las plántulas estarán protegidas por un sistema de soporte con cañas y con un cilindro alrededor para evitar se doblen por el viento y crezcan erguidas y para que las lagartijas no se las coman y adquieran su propia resistencia.
20. El sistema inicial de riego por goteo con microrreservorios está colocado en cada arbolito y arbusto plantado. Este sistema se mantendrá activo hasta la temporada de lluvia, luego los procesos naturales de las plantas y el clima se deberán hacer cargo.

4.1.4. Toma de datos

Para obtener la unidad paisajista Matriz se realizó el estudio del Geosistema sobre una superficie de 61,247 ha. Tomando como base el mapa del IGN, se incorporó la información fuente a escala 1/100,000, con las siguientes variables, geología, geomorfología, cuerpos de agua, clima, evapotranspiración, vegetación de bosque seco obtenida de fuentes como INGEMMET, SENAMHI, INRENA, UNALM, CIPCA, PRISMA, estudio de Linares ^{[37][38][39]}, entre otras.



Figura 81 Mapa IGN 1/100,000, área 61,247 ha ^[Anexo 6]

La superficie de la unidad paisajista donde se obtiene la fragmentación de la zona del botadero comprende un área de 82.5 ha

El trabajo posterior se realiza en el botadero, cuya área es 1.015 ha, y para la intervención piloto – instalación de la vegetación- se asignó un área de 0.5 ha.



Figura 82 Foto satélite Google Botadero Las Lomas altura 1.86 Km. ^[67]

La cobertura vegetal histórica se obtuvo en la foto aérea del SAN del año 1990 y de los mapas satelitales Google se obtuvo lo correspondiente al año 2007, los diecisiete años de diferencia se consideró tiempo suficiente para evaluar la ubicación de los árboles de mayor envergadura, porque varios de ellos sobrepasan los 40 años.

El relevamiento de la vegetación actual y toma de muestras se realizó en campo, con el apoyo del personal técnico de la Municipalidad de Las Lomas.



Figura 83 Relevamiento de árboles, fotografía B. Montoro julio 2010

Se tomó en cuenta toda la vegetación arbórea, inclusive la que estuviera creciendo dentro del área del botadero, la condición para su registro serían árboles o arbustos con un diámetro de tronco superior a los 3 cm, el resto fue descartado del conteo, no así de su registro histórico. Las herbáceas se identificaron y registraron fotográficamente para un posterior estudio y evaluación, pero no forman parte de la presente investigación el considerarlas en detalle.



Figura 84 Toma de muestras de árboles y arbustos para su identificación, fotografía Ing. Altuna, julio 2010

La figura 85 muestra el perímetro de la zona designada para la experiencia de restauración del botadero, comprende la mitad del área donde se depositan los residuos, este tamaño de intervención se debió a la poca disposición de recursos para cubrir las 1.015 hectáreas existentes.

Posteriormente a la redacción de la presente tesis, el nuevo alcalde de Las Lomas se ha mostrado interesado en concluir con la clausura total del botadero y de su utilización como parque local.

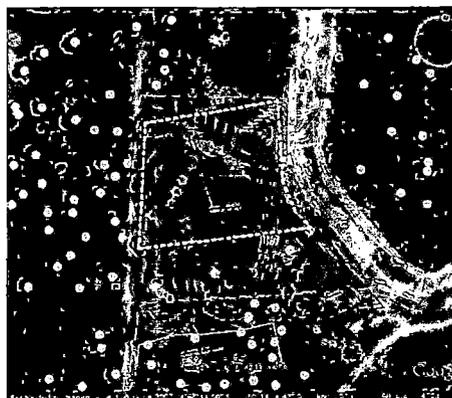
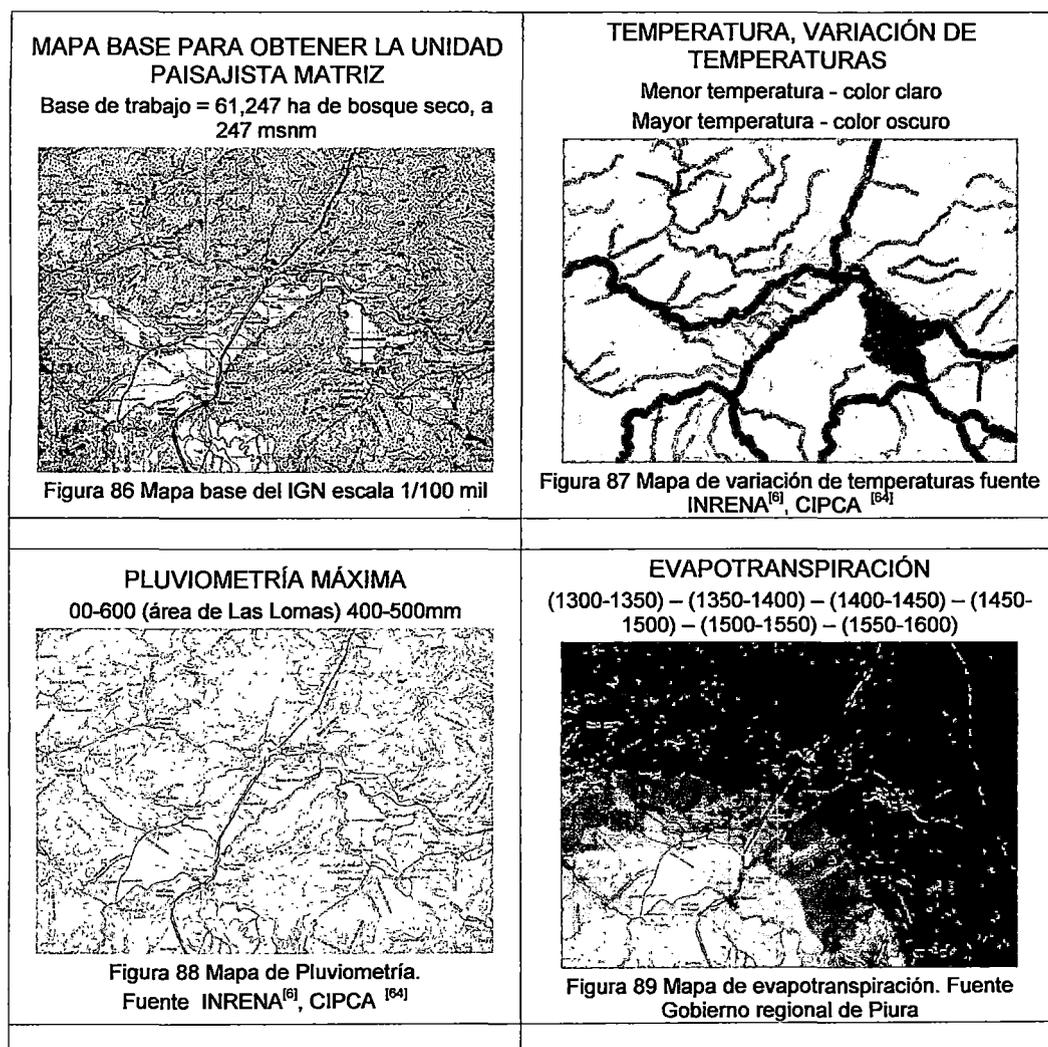


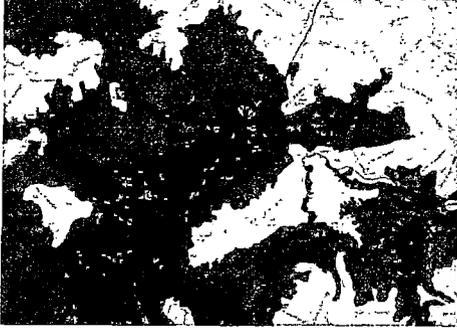
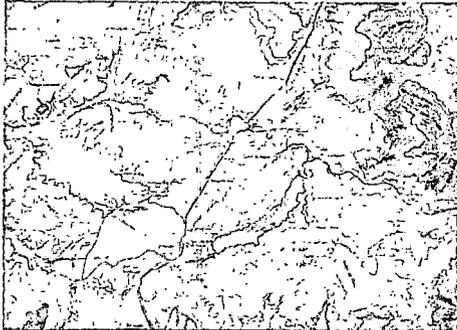
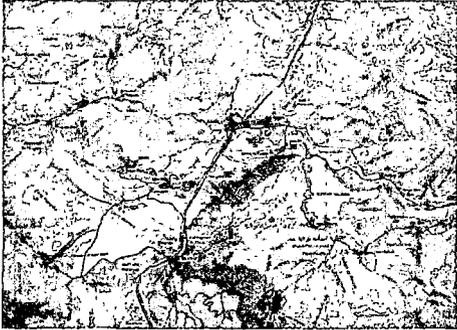
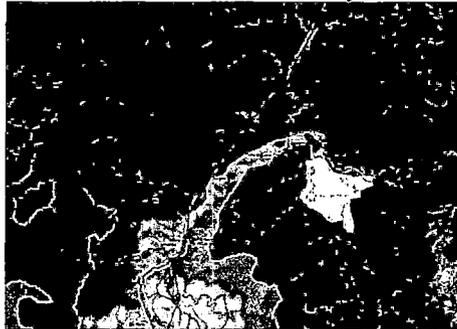
Figura 85 Foto satélite Google altura 475 m. Área del botadero y registro de árboles del año 2007

4.2. RESTAURACIÓN DEL PAISAJE EN LA ZONA CLAUSURADA DEL BOTADERO LAS LOMAS

4.2.1. Obtención de la Unidad Paisajista Matriz (UPM)

La Unidad Paisajista Matriz que servirá de línea base para la recuperación del área degradada del paisaje, se obtuvo del cruce de variables que determinan el Geosistema del Bosque seco para la zona que contiene el botadero, la información de fuentes oficiales, precisa las características del lugar, esta información es suficiente para esta etapa inicial de análisis, la superficie delimitada fue de 61,247 ha sobre la que se volcó la data.



<p>SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN +10% pendiente + arena gravosa- color claro +2.5% pendiente + arena gravosa plano (sin pendiente) + textura fina color oscuro</p>  <p>Figura 90 Mapa de susceptibilidad a la erosión. Fuente Gobierno regional de Piura. ^[34] Las Lomas es una zona susceptible a la erosión por viento.</p>	<p>VEGETACIÓN DEL BOSQUE ESTACIONALMENTE SECO</p>  <p>Figura 91 mapa de distribución de la vegetación Fuente R. Linares. ^[38] Elaboración Propia</p> <p>Entre los 100 y 400 m y compuesto por <i>P. pallida</i>, <i>C. lutea</i> y <i>A. macracantha</i> Entre 200 y 350 m, compuesto por <i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Trianea & Planch., <i>C. scabrada</i>, <i>C. lutea</i> y <i>G. ulmifolia</i>. Entre 220 y 470 m, compuesto por <i>Coccoloba ruiziana</i> Lindau, <i>L. huasango</i>, <i>C. lutea</i> e <i>Ipomoea carnea</i> Jacq. Entre los 280 y 350 m, compuesto por <i>Alseis peruviana</i> Standl., <i>Simira ubescens</i> (Benth.) Bremekamp ex Steyermark, Entre los 390 y 750 m, compuesto por <i>E. ruizii</i>, que es la especie más abundante, además <i>P. excelsum</i> y <i>Erythrina smithiana</i> Krukoff.</p>
<p>USOS DEL SUELO Pastizales - color claro Bosque seco de Las Lomas. - color oscuro</p>  <p>Figura 92 Mapa de usos del suelo. Fuente INRENA^[6], CIPCA ^[64]</p>	<p>CULTIVO PERMANENTE DE CALIDAD Bosques de gran valor y calidad – color claro Otros bosques existentes –color oscuro Tierras deforestadas – color muy oscuro</p>  <p>Figura 93 Mapa de cultivos. Fuente INRENA^[6], CIPCA ^[64]</p>
<p>COBERTURA VEGETAL Templado con matorrales - color claro Desierto, bosque tropical seco - color oscuro</p>  <p>Figura 94 Cobertura vegetal. INRENA^[6], CIPCA ^[64]</p>	<p>SÍNTESIS DE LA GEOMORFOLOGÍA DEL BOSQUE SECO – ZONA LAS LOMAS - PIURA</p>  <p>Figura 95 Mapa síntesis de la Geomorfología del bosque seco de Las Lomas, Piura. Elaboración propia</p>

Conclusiones sobre la Unidad Paisajista Macro

Se puede afirmar que es una unidad paisajista privilegiada por las características que sintetiza para el desarrollo del Bosque Seco.

La temperatura media en verano fluctúa entre 25°C a 30°C; las precipitaciones máximas son de 400 a 500 mm en 3 meses de lluvia, el resto del año no presenta lluvia; la evapotranspiración se calcula entre 1450 a 1500.

Geomorfológicamente es una zona relativamente plana y por ello susceptible a erosión, presenta pendientes de 2.5% a mas, suelo de composición arena gravosa, con un pH de 6.8.

Presenta bosques secos de gran calidad y algunas zonas de pastizales. La vegetación de Bosque seco que se desarrolla entre los 100 y 450 m y compuesto por Algarrobo *Prosopis pallida*, Overo *Cordia lutea* y Faique *Acacia macracantha*, Palo Santo *Bursera graveolens* (Kunth) Trianea & Planch., *C. scabrida* y *G. ulmifolia*. Y hacia los bordes de la unidad paisajista se considera Eritrina *Erythrina smithiana*, *Coccoloba ruiziana* Lindau, *C. glabrata*, *L. huasango* y Borrachera *Ipomoea carnea* Jacq

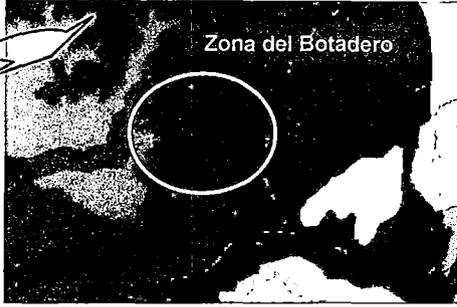
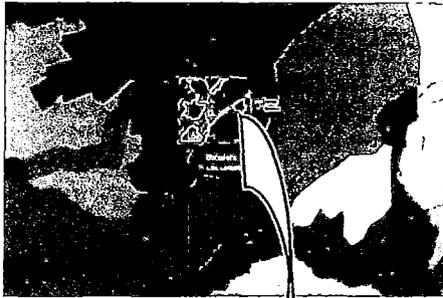
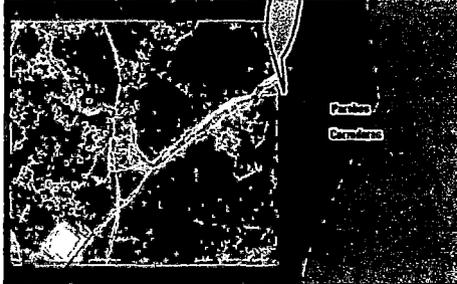
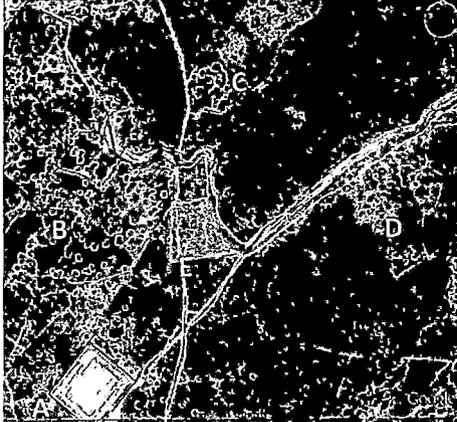
La Unidad Paisajista de la figura 95 que contiene el Botadero Las Lomas es la que servirá de Línea Base para la restauración del paisaje del Bosque seco de Las Lomas.

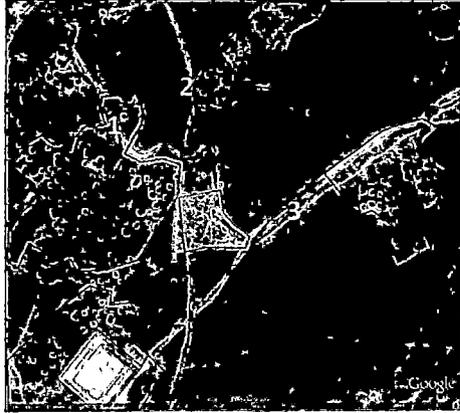
4.2.2. Fragmentación del Paisaje

La Unidad Paisajista Macro es la línea base para el estudio del Geosistema de Las Lomas, servirá como fuente y si están bien conformados los parches existentes, será el modelo objetivo de la restauración. Sobre esta área se precisó un área menor de 2,399 ha, la misma en la que se volvieron a delimitar con mayor detalle tres unidades paisajistas vecinas y se señalaron los corredores que las unen, aquí se volvió a seleccionar una nueva Unidad Paisajista Matriz que contiene al botadero y los corredores existentes.

Dentro de la Unidad Paisajista Matriz, marcada con color verde, se ubicó una superficie menor, de 82.5 ha, la que se utilizó finalmente para el análisis del grado de fragmentación del bosque seco, los parches existentes, y los corredores que los unen, estos parches y corredores servirán para el trazado y mejora de la red de restauración ecológica.

A continuación se muestra la secuencia seguida para la obtención de la Unidad Paisajista Matriz y el análisis de la Fragmentación del Paisaje del botadero

Análisis	Imágenes															
<p>Fragmento seleccionado del análisis y cruce de variables anterior para la ubicación de la unidad paisajista donde se encuentra el botadero de Las Lomas</p>  <p>área 2,399 ha</p>	 <p>Zona del Botadero</p> <p>Figura 96 Fragmento de la Unidad Macro</p>															
<p>Se delimitó y seleccionó la Unidad paisajista Matriz (en verde) que reúne características geosistémicas homogéneas y que contiene el área de estudio.</p> <p>Se identifican tres corredores, dos de los cuales cruzan la zona del botadero y dentro de éste se observa que tienen una red de menor jerarquía.</p>	 <p>Figura 97 Delimitación de unidades paisajistas</p>															
<p>Estructura y Grado de Alteración del Paisaje del Bosque seco en la Unidad Paisajista Lomas: seleccionamos una matriz de 82.5 ha e identificamos 5 parches de los cuales el área del botadero se ubica como un parche conector entre ellos.</p>	 <p>Parches Conectores</p> <p>Figura 98 Superposición de la zona del bosque seco que contiene al botadero en UP</p>															
<p>Tamaño y porcentaje de la fragmentación.</p> <p>El tamaño de la UPM es de 82.5 ha.</p> <p>Parche, área y % del total</p> <table border="0"> <tr> <td>A</td> <td>5.96 ha</td> <td>7.22%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>8.42 ha</td> <td>10.20%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>3.27 ha</td> <td>3.96%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>4.15 ha</td> <td>5.03%</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>2.50 ha</td> <td>3.03%</td> </tr> </table> <p>Porcentaje total del área fragmentada 29.44%</p> <p>El grado de Fragmentación es el denominado Salpicado ó Jaspeado (rango de 10% a 40% del hábitat intervenido (Hobbs)</p>	A	5.96 ha	7.22%	B	8.42 ha	10.20%	C	3.27 ha	3.96%	D	4.15 ha	5.03%	E	2.50 ha	3.03%	 <p>Figura 99 Fragmentación del bosque seco en la zona botadero Las Lomas.</p>
A	5.96 ha	7.22%														
B	8.42 ha	10.20%														
C	3.27 ha	3.96%														
D	4.15 ha	5.03%														
E	2.50 ha	3.03%														

<p>Los corredores son a su vez los bordes de los parches y se constituyen en canales para el flujo ecológico de transferencia que favorece la dinámica de los procesos naturales entre ellos.</p> <p>El parche E de 2.5 ha, con una longitud de corredores de 814 m, contiene al botadero, de área 1.05 ha, restaurar esta área responde a la recomendación del 50% de intervención dada por Forman.</p>	<p>Los corredores que rodean el parche E y su forma de cruce en X y T favorecen establecer redes de restauración más activas en transferencia de especies.</p> <p>En este caso, el botadero funciona como un elemento disfuncional ó de barrera al ser emisor de contaminantes a los parches vecinos e impidiendo el paso de especies locales, por lo que se requiere diseñar redes de conexión mas finas que lo atraviesen y mitiguen este hecho.</p>
<p>Los corredores que se entrelazan en la zona de cierre del botadero suman la importancia del área de estudio para la recuperación de redes de restauración ecológica de esta zona del bosque seco.</p> <p>Los corredores encontrados tienen una longitud de:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- 783 m 2.- 879 m 3.- 678 m <p>El área del botadero está delimitada por una longitud de borde de 296 m.</p>	 <p>Figura 100 Corredores cercanos al botadero Las Lomas</p>
<p>La intervención en el área de clausura conectará a los tres corredores con un micro tejido permeable (el área del botadero) que permitirá reducir el aislamiento entre los parches cercanos y fortalecerá la recuperación del paisaje destruido.</p> <p>Se puede observar que existen corredores y un espacio de bosque entre los parches A, B, C, D y E, que se incrementará con la propuesta del tejido permeable de corredores sobre el parche E o botadero clausurado.</p>	 <p>Figura 101 Tejido permeable que restaurará el paisaje</p>

Conclusiones

1. El botadero fue un fuerte elemento de disturbio y fragmentación del paisaje de bosque seco existente.
2. El área clausurada del botadero es potencialmente el enlace entre las zonas naturales no intervenidas del bosque y su restauración constituiría

una fuente de conexión entre éstos para la restauración ecológica y paisajista del bosque seco que lo rodea.

3. El tamaño y la forma de los parches muestran dos tipos de paisajes, del bosque seco y de un paisaje con intervención agrícola, ambos tienen en su interior un comportamiento propio y característico de su flora y su fauna.
4. Los fragmentos ó parches mayores aseguran la supervivencia de individuos más frágiles, en cambio los parches menores logran mantener sólo a las especies más resistentes, tal es el caso de la zona E que tiene el botadero, donde se observan pequeños Faiques en la zona de residuos y a las aves carroñeras alimentándose con la basura.
5. Hay grupos de especies vegetales y de la fauna local que se pueden beneficiar de la fragmentación, porque la distancia entre los fragmentos varía entre 85 m a 250 m, cada parche por sus características particulares se constituye en un hábitat específico que puede a su vez albergar a especies adaptadas y a especies que se desplazan entre ellos.
6. En el interior de los parches mayores (A y B) se dan propiedades y características homogéneas de lectura del paisaje, de una dinámica particular, el parche B por su dimensión puede favorecer el desarrollo de animales e insectos especializados en zonas agrícolas.
7. En la Matriz exterior a los parches (A, B, C, D y E), crecen de manera naturalmente salpicada los Algarrobos, Faiques y Overos, con una densidad que fluctúa entre los $70 \leq 150$ árboles/ha (Proyecto Algarrobo INRENA 1998) ^[6].
8. En el caso del parche E su superficie de 2.5 ha se interpreta dentro del conjunto continuo del bosque seco, como una agresiva intervención a la continuidad de ese paisaje. La imagen de la degradación de éste paisaje se observa mejor en la temporada de invierno, cuando las herbáceas se han secado y quedan expuestos todos los desechos esparcidos.
9. Los corredores existentes, por su ancho y estructura son parches alargados y delgados que dan a la estructura los “eco-tonos” apropiados a la restauración, los que son caminos poco transitados mantienen en borde las condiciones homogéneas que permiten la existencia de

determinados tipos de vegetación y pequeña fauna que se desplaza entre los parches.

10. Dos de los cruces de los parches-corredor, son muy favorables porque al cruzarse en “+” y uno en “T”, permiten mejores movimientos y flujos a través del paisaje, tanto de la flora como de la fauna, en estos puntos se instala vegetación más compleja y proporciona en consecuencia, un hábitat más rico en especies.
11. Los bordes y corredores existentes se enriquecieron en esa dinámica al ser considerados como ejes base para el diseño de las redes de conservación más finas y detalladas a modo de un tejido que permeabilice la zona de bosque seco en la zona del botadero.

4.3. MORFOLOGÍA FINAL DEL BOTADERO CLAUSURADO Y SU PAISAJE

Introducción

La restauración del paisaje sobre el área cerrada del botadero Las Lomas debe considerar la supervivencia y mantenimiento de vegetación, al mismo tiempo, este mantenimiento debe generar el mínimo posible de lixiviados contaminantes. El crecimiento de las raíces de las plantas instaladas tratará de estabilizar los residuos en proceso de descomposición a fin de minimizar el asentamiento de los residuos y absorber el agua de lluvia.

La vegetación seleccionada es la perteneciente al Geosistema del bosque seco de las Lomas, su instalación en la zona clausurada incentivará el retorno de fauna que hubiera sido desplazada por otras consumidoras de residuos o carroña.

4.3.1. Distribución espacial de la vegetación

El encontrar formas de instalación de la vegetación tal que cumplieran los requisitos de los corredores de restauración paisajista y mitigación de la fragmentación encontrada se sustentó en la búsqueda e interpretación de la distribución espacial histórica de los árboles y del relevamiento actual de árboles o arbustos existentes. Este relevamiento también sirvió para investigar la adaptación de la vegetación al uso botadero; por otro lado, se seleccionó la vegetación del Bosque Seco que permitiera acelerar el proceso de restauración.

La vegetación seleccionada tiene características de resistencia a la falta de agua, a las emanaciones gaseosas y a la quema constante de materiales, v.g. se encontró dentro del botadero que los árboles de Algarrobo reverdecían a pesar de tener el exterior de su tronco muy quemado. Además de las cualidades estéticas de color, textura de follaje y floración, esta vegetación sirve como lugar de anidamiento de aves, así como sombra y cobijo a los roedores, lagartijas e insectos.

El área del botadero Las Lomas está rodeado de usos semi-urbanos como la vía de acceso, caminos para animales, un canal de drenaje para la temporada de lluvias, algunas zonas de cultivos y algunos bosquecillos de árboles jóvenes.

Estos usos no se pueden eliminar pero sí mimetizar con el paisaje del bosque seco utilizando los árboles y la vegetación de mediana altura con follaje semi denso.

Durante la realización de este estudio la vegetación existente en el botadero no pudo ser preservada del movimiento de tierra para la clausura del botadero, por lo que se tuvo que instalar árboles y arbustos destinados a alcanzar el porcentaje de cobertura arbórea pre-existente. Los arbustos nativos se escogieron por sus características de resistencia, el tamaño final de desarrollo y por sus cualidades estéticas, se consideró la pertinencia de su uso como separador de espacios, como pantalla visual y de vientos.

Los cubresuelos entre árboles y arbustos son los que brotarán espontáneamente cuando comience la temporada de lluvia.

Morfología del área clausurada del Botadero las Lomas



En el paisaje del botadero, los árboles de Algarrobos y otros árboles nativos se observan como una franja a lo lejos. Los árboles que existieron en la zona del botadero fueron talados y/o quemados, sólo algunos de ellos sobrevivieron, otros brotaron de las semillas depositadas entre los residuos.

Figura 102 Botadero las Lomas antes de su clausura. Fotografía B. Montoro abril 2010

El botadero las Lomas pasó un proceso de cierre bastante largo, se removieron los residuos y se reconfiguró el área para dar la forma final. Se utilizó arena arcillosa como cobertura.



Figura 103 Botadero las Lomas en proceso de clausura. Fotografía Ing. P.Pingo set 2010

En los años 1990 hasta el 2007, existían 114 árboles (puntos de color naranja) muchos de los cuales fueron eliminados por efectos del cambio de uso de este territorio, en conjunto con los árboles existentes (burbujas de color fucsia), que se relevaron el año 2010, conformaban un total de 133 árboles compuestos de 126 Algarrobos y 7 Faiques.

La densidad histórica de vegetación arbórea para la zona de análisis fue de 49.6 árboles/ha.

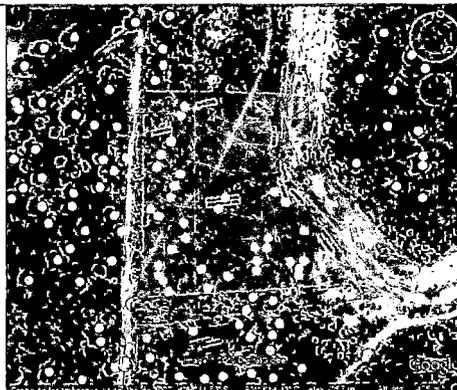


Figura 104 Árboles sobre la zona del botadero Las Lomas. Elaboración Propia

Con las actividades del botadero se eliminaron 32 árboles mayores y al momento del cierre se taparon los que crecían incipientemente.

La densidad encontrada por el Proyecto Algarrobo oscila entre los $<25 < 70$ árb/ha.

La densidad histórica de 49.6 árb/ha está en ese rango, por lo que se instalará vegetación hasta alcanzar la densidad de 50 árb/ha.

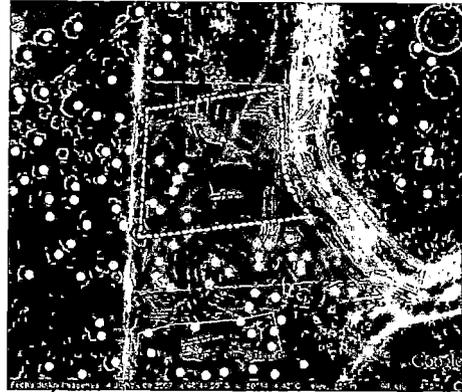


Figura 105 Área sombreada del Botadero 1.05 ha, Área para el Proyecto Piloto en líneas segmentadas color amarillo.

Las lomas resultantes de enterrar los residuos y sus bordes como las zanjas de coronación deberían ser parte integrante de las redes de restauración, por lo que se dibujó los árboles de los años 1990 y 2007 en color blanco y negro, y los arbolitos relevados en el 2010 representados como burbujas.

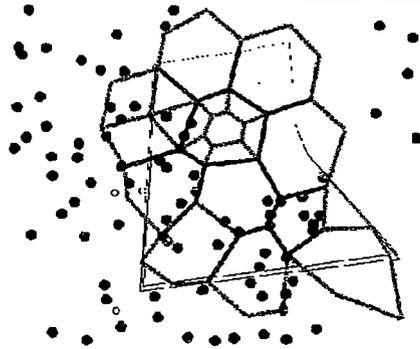


Figura 106 Patrón espacial del bosque seco de la zona del botadero, encontrado al unir los árboles eliminados y árboles existentes.

Al unirse los árboles se encontró un patrón que se podía aproximar a una configuración hexagonal con el objetivo de tener espacios regulares.

Se interceptaron el patrón hexagonal con la topografía del área del botadero y se trazaron las lomas destinadas a ser la forma final de la cobertura sobre los residuos. Del patrón obtenido, las aristas funcionarían como las zanjas de coronación ó de drenaje.

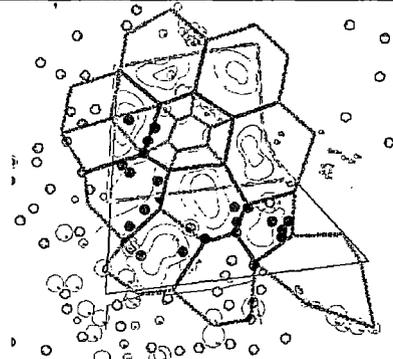


Figura 107 Superposición de patrón espacial de los árboles y de las lomas de residuos.

En campo, los residuos se agruparon en montículos, los que a su vez, se recubrieron con capas de material arcilloso de suelo nativo compactado de 30 cm de espesor y posteriormente con 45 cm de tierra vegetal del lugar, las lomas tienen pendientes finales de 3% a 5%, las aristas de estos montículos se constituyeron finalmente en las zanjas de drenaje.



Figura 108 Corte de las lomas de cobertura

La plantación de los árboles y arbustos pioneros se realizó sobre las zanjas de drenaje, de esta forma cumplen una doble función, como de zanjas de drenaje de aguas de escorrentía y como red de restauración ecológica.

La vegetación pionera estabilizará los residuos y absorberá escorrentía, al crecer sus raíces se tejerán entre los desechos y recolectarán los lixiviados que se generarán en la temporada de lluvia.

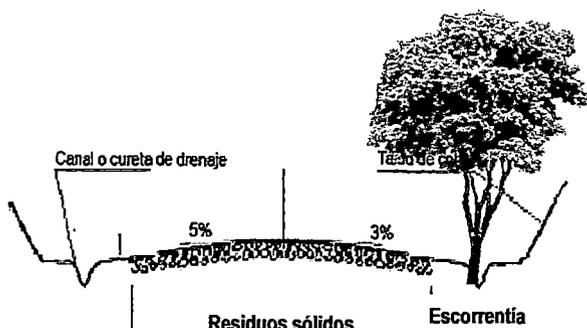


Figura 109 Corte que muestra las lomas, el canal de drenaje y el crecimiento de la vegetación

Se introdujo especies vegetales nativas y naturalizadas del mismo bosque seco con el objeto de tener una mayor diversidad vegetal y para favorecer el retorno de poblaciones animales y vegetales que habían abandonado la zona, estos son: Palo verde, Eritrina, Palo santo, Parkinsonia, Arabisco, Charán, Bellaquillo.

También se completó la densidad de la vegetación arbustiva que existía en la zona, con las especies Overo, Faique y Buganvilia.



Figura 110 Especies vegetales nativas a instalar en la superficie cerrada del botadero. Fotografía B. Montoro noviembre 2010

La cantidad de especies arbóreas que se plantaron finalmente en la zona del Botadero las Lomas fueron: Faique *Acacia macracantha* 7 u, Palo Verde *Cercidium praecox* 5 u, Eritrina *Erythrina smithiana* 5 u, Palo Santo *Bursera graveolens* 3 u, Charán *Caesalpinea pai pai* 4 u, Parkinsonia *Parkinsonia aculeata* 3 u, Arabisco *Leucaena leucocephala* 4 u, un total de 31 árboles

Se plantaron los siguientes arbustos: Overo *Cordia lutea* 4 u, Bellaquillo *Thevetia peruviana* 39 u y Buganvilia *Bougainvillea peruviana* 8 u, un total de 51 arbustos

El criterio seguido para la instalación fue el siguiente:

- 1.- reponer los árboles donde existieron antes, los hexágonos se trazaron del patrón espacial encontrado y éste estaba conformado por árboles que fueron talados, por lo que se repusieron en la medida de lo posible con árboles de la misma especie.
- 2.- los árboles serían los que delimitarían las lomas.
- 3.- los árboles más agresivos como el Overo y la Parkinsonia se ubicarían en los extremos del área de clausura, por su agresividad protegerían del re-ingreso de las personas que quisieran volver a botar basura, además que esta ubicación les permite crecer libremente.
- 4.- Los Bellaquillos completarían las aristas entre los árboles plantados, tiene como

objetivo dar continuidad a las redes de restauración, impedir que el viento erosione las lomas, brindar cobijo a las especies de fauna pequeñas e insectos para su retorno seguro a esta zona, así como iniciar y mantener un microclima que impida la pronta evaporación del agua superficial.

4.- los arbustos rastreros Buganvilia se encontrarían hacia el centro para dar flores de color y marcar esta área que se constituirá en un futuro parque.

El resultado final de la plantación siguió el orden dado por la cobertura en forma de lomas; se instalaron intercaladamente árboles y arbustos para evitar la superposición de sus sombras, los arbustos a manera setos para evitar la erosión por viento, y se colocaron 7 árboles en el mismo lugar donde habían existido y eliminado otros 7 árboles.

La zona roja es el área solicitada por la AB PRISMA destinada al ingreso peatonal de las personas para su mantenimiento o visita, esta intervención no interrumpe la red de restauración planteada, la complementa.

[Anexo electrónico 10]

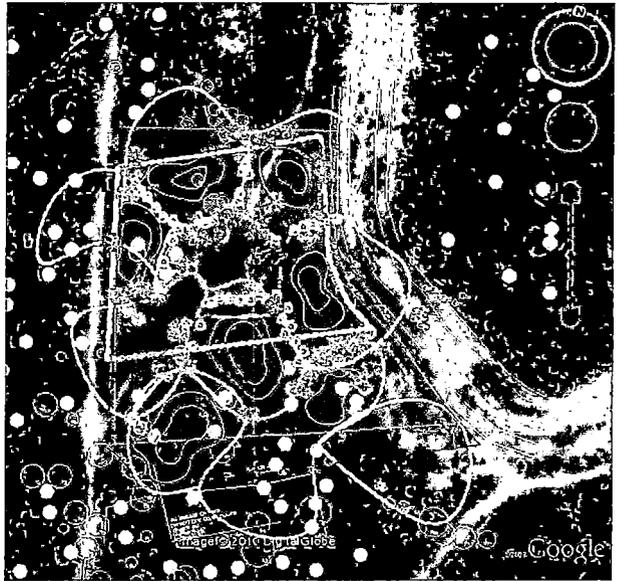


Figura 111 Planteamiento para la instalación de la vegetación nativa en el área clausurada del botadero Las Lomas, [Anexo electrónico 10]

Cuadro N°5 Instalación de la Vegetación pionera

En este cuadro se muestra las actividades de trazado e instalación, se realizaron en el área recién clausurada, las fotografías muestran el trazado por el personal de de la AB PRISMA, la supervisión de la vegetación y el sistema de microreservorios,

La instalación por el Ing. Matorel y su equipo de jardineros, posteriormente se observa la vegetación en pleno crecimiento y una imagen de fotomontaje del resultado esperado.

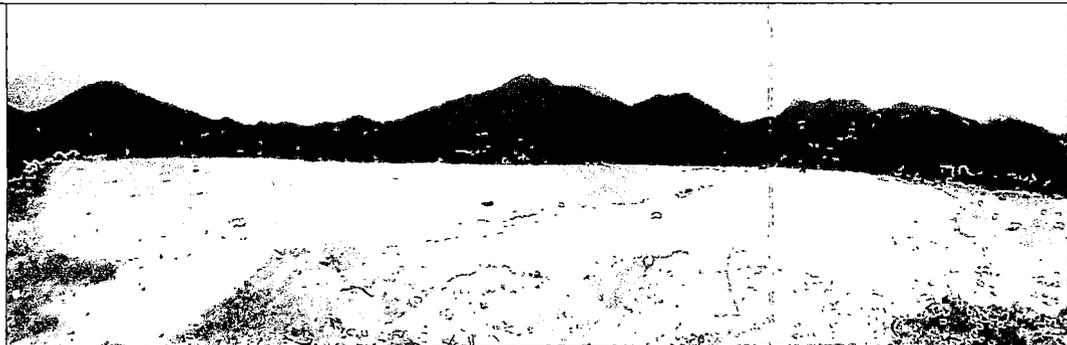
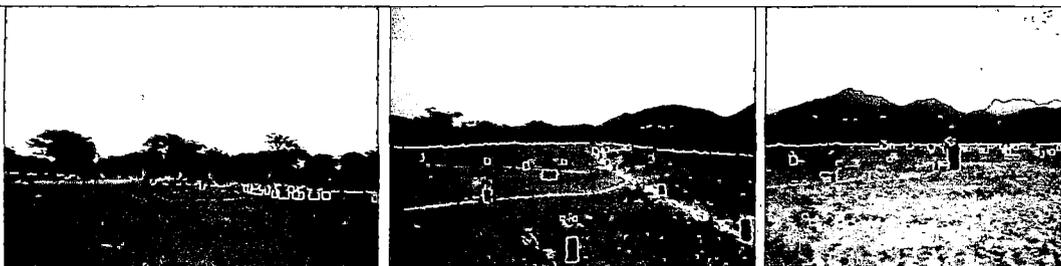


Figura 112 Área clausurada antes de instalar la vegetación. Fotografía B. Montoro dic 2010



Figuras 113 y 114 Trazado de la zona a ser plantada. Fotografías B. Montoro, diciembre 2010



Figuras 115, 116 y 117 Trazado e instalación de la vegetación. Fotografías B. Montoro, diciembre 2010



Figura 118 Vegetación en proceso de crecimiento. Fotografía B. Montoro, febrero 2011



Figura 119 Microreservorios para el sistema de riego por goteo. Fotografía Ing. Gladys Monge
Figuras 120 a la 128 A los dos meses de instalada, árboles y arbustos se desarrollan bien, la pérdida fue del 3% debido a animales que comieron o pisotearon las plantitas. Fotografías B. Montoro feb.2011.

Tres etapas del crecimiento de la vegetación sobre el Botadero Las Lomas

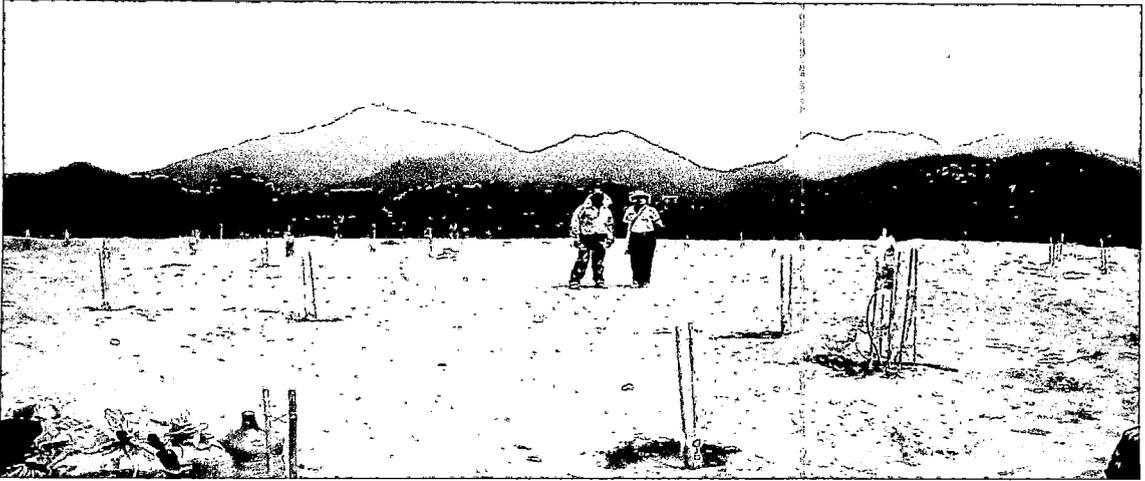


Figura 129 Reciente clausura e instalación de la vegetación en la zona

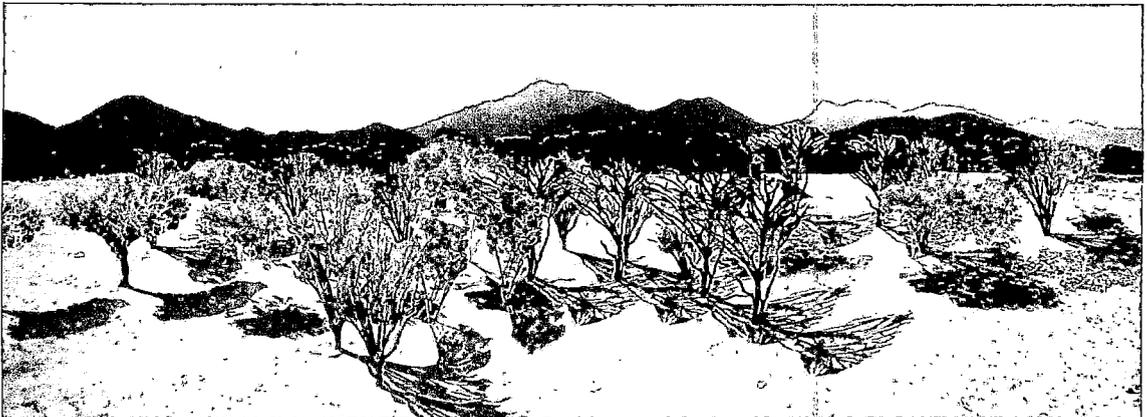


Figura 130 Fotomontaje de Restauración del Bosque Seco- Simulación de los resultados esperados al 2012
Durante el primer año de su instalación, los arbolitos adquieren un altura de 2 mts aproximadamente y ya se puede observar la acción restauradora de la vegetación.



Figura 131 Fotomontaje de Restauración del Bosque Seco- Simulación de los resultados esperados al 2015

Transcurridos 4 años de su instalación, los árboles han adquirido su tamaño adulto y presentan una gran floración. La fragilidad del paisaje ha disminuido y el bosque se ha conectado al recuperarse esta zona.

Elaboración B. Montoro 2011, colaboración gráfica A. Valdivia

4.3.2. Recuperación del ecosistema e intervención paisajista

La presencia y el orden establecido con las plantas seleccionadas como redes de restauración unidas a redes de mayor escala y alcance funcionará en la recuperación de las funciones ambientales requeridas y en la recomposición del ecosistema pre-existente; con la densidad, tamaño y la forma de instalación realizada se espera que aumente el confort termal y la protección contra los vientos, es decir, disminuirá la erosión superficial en tiempo de sequía evitando el arrastre de arena y limo, así se consolidará y estabilizará el suelo productivo.

La vegetación naturalizada utilizada como especies complementarias producirán la tendencia a aumentar la biodiversidad local, favoreciendo el suministro de refugio y comida para varias clases de animales, plantas, insectos y microorganismos que habían sido desplazados. A su vez tiene otro tipo y color de floración que reforzará la imagen de belleza del paisaje.

Se mantuvieron los pocos árboles de Algarrobo y Faique existentes de unos 8 m y se reintrodujeron los árboles de Palo verde, Eritrina, Palo santo, Parkinsonia, Arabisco, Charán y Overo; los arbustos de Bellaquillos y Buganvillas como puntos de color y para que formen los matorrales destinados a la protección del área en recuperación, estos arbustos se instalaron entre los árboles constituyéndose en parte de la red de corredores ecológicos.

Área, orientación y bordes paisajistas

La zona presenta una cuenca visual muy amplia y plana, de gran fragilidad; muy a lo lejos se vislumbran las lomadas características de esta topografía antigua y erosionada, la intervención paisajista aumentará la compacidad perceptual en los alrededores del área; formando barreras a la percepción de áreas con impacto visual negativo y creará barreras de proyección a los vientos con vegetación arbustiva de tamaño y densidad media.

A la distancia, en un plano más cercano se observa el bosque seco como un borde débil por su baja altura, de color verde oscuro, esta línea de vegetación arbórea, es la que se pretende completar con la restauración de la vegetación sobre el botadero clausurado.

4.3.3. Distribución de la vegetación

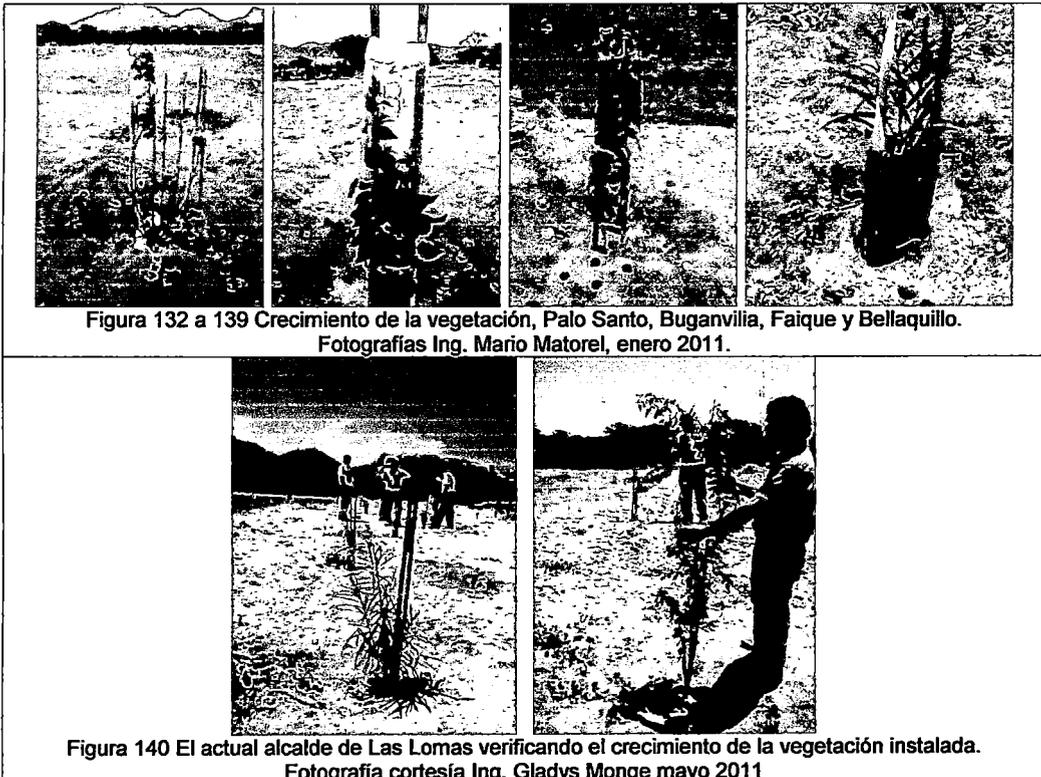
Delimitación de cultivos

La vegetación cumplirá funciones de estabilización del área de cierre, por tanto se plantea tengan el espacio suficiente para desarrollarse horizontalmente como extender sus raíces hacia las profundidades, el espacio mínimo por árbol se ha considerado como un radio mínimo de 7m, cada árbol deberá tener a su disposición un área de 154m², este criterio se basa en la densidad natural encontrada^[6], y en la cantidad de luz que deben recibir los arbustos y los cubresuelos que se ubiquen debajo de sus copas, aún cuando se ha tomado en consideración que los árboles nativos del bosque seco son predominantemente especies caducifolias.

Arbolado

La densidad de 50 árboles/ha, se alcanzó con la instalación de 31 árboles y 51 arbustos nativos. El resultado final de la plantación siguió el orden de la cobertura en forma de lomas.

Cuadro N° 6 Desarrollo de la Vegetación pionera sobre el área clausurada del Botadero Las Lomas



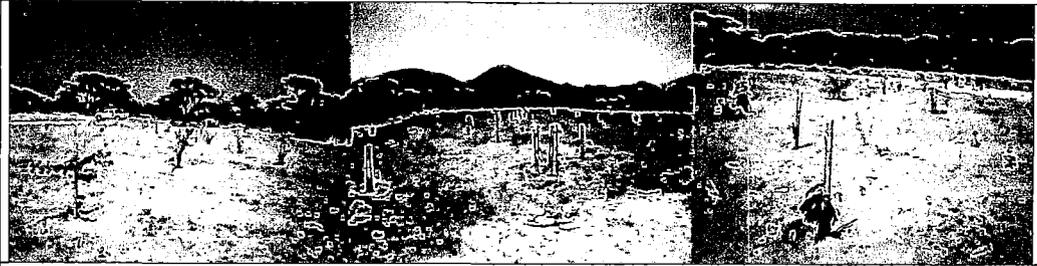


Figura 141 Vegetación creciendo sobre el área clausurada Fotografías cortesía Ing. Gladys Monge, mayo 2011

Nótese que la zona está limpia y libre de obstrucciones. Las herbáceas crecen sobre la arena, cerca a las plantas aprovechando la humedad filtrada.

Instalación

La instalación de la vegetación que contemplara la restauración paisajista fue producto de mi colaboración con la AB Prisma, dando como resultado un proyecto piloto de 0.5 ha. A la fecha, mayo 2011, se observan los arbolitos plantados con un crecimiento estabilizado e intenso, se han tomado dos registros del crecimiento de la vegetación, en enero 2011 y en mayo 2011. Este crecimiento disminuirá en el momento que ya no se rieguen y crezcan naturalmente.

4.3.4. Utilización de recursos del botadero

Se utilizaron las botellas de plástico para la elaboración de los microrreservorios y los cilindros de protección para arbolitos pequeños, que evitan que las lagartijas u otros animalitos coman los brotes.

El compostaje fue otro recurso que no se utilizó completamente, pero es un potencial recurso de sustancias alimenticias para las plantas.

Compostaje

El botadero está a cielo abierto, es decir sin protección, por ello no se pueden recuperar los desechos orgánicos porque varios tipos de animales transitan libremente como cerdos, vacas, cabras, gallinazos, garzas, entre otros, alimentándose de los desechos, inmediatamente después que los usuarios los depositan.

La municipalidad de Las Lomas está implementando una planta de reciclado en la que se puede captar estos desechos orgánicos con el fin de utilizarlos en la preparación de compost. El espacio que existe permite realizar estas

actividades, la temperatura también es la adecuada, el único inconveniente es la escasez de agua, sugiriéndose que para la preparación del compost se utilice agua gris o tratada de los desagües de las poblaciones cercanas.

4.3.5. Organización del sistema mantenimiento y riego

El objetivo de la restauración como una forma de remediación ambiental en condiciones de carencia de agua es justamente utilizar una mínima cantidad de agua para el riego y que no se exceda ésta para de no incrementar los lixiviados, estas condiciones cumplen con la utilización de los "microreservorios". Estos microrreservorios tienen una capacidad de riego de aproximadamente un mes por cada planta y al ser contruidos con botellas recicladas cumplen un objetivo más de la remediación ambiental, el reciclaje.

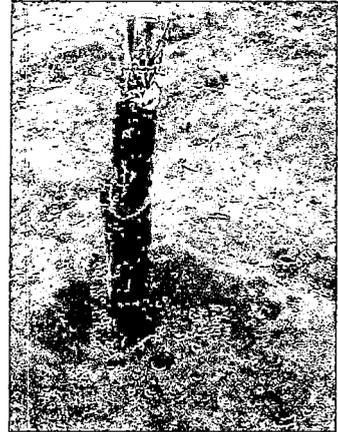


Figura 142 Utilización de Botellas recicladas como protección Fotografía Ing. Mario Matorel enero 2011

Conclusiones

1. El paisaje en Piura es el resultado de un ecosistema único en el Mundo, es el caso del Bosque seco de la región Tumbesina, el paisaje es un recurso abundante pero finito. El uso indiscriminado de las áreas no protegidas para usos urbanos, especialmente con usos contaminantes, hará que el paisaje se fragmente, cambie y finalmente desaparezcan sus características originales, este cambio elimina la conexión de los sistemas ecológicos que lo formaron durante cientos de años, dando paso a paisajes áridos con cambios estructurales y probablemente irre recuperables.
2. El uso de la biodiversidad en el Perú para la recuperación paisajista de un área clausurada de botadero no ha sido investigada y los casos de aplicación han sido muy limitados. Siendo posible utilizar las especies nativas por su facilidad de adaptación y economía en su propagación y mantenimiento.
3. Las intervenciones de clausura realizadas con vegetación nativa no asegura la continuidad del ecosistema que se quiere recuperar, es

necesario un enfoque integral, iniciar el proceso de construcción de una red o sistema de conservación amplio, tomando redes del macro paisaje.

4. El mantenimiento de la conectividad ecológica a nivel del área macro estudiada se realiza a partir de la implantación de una red verde que actúe como refugio de las especies silvestres, conecte los distintos hábitats y diversifique el paisaje. La eficacia final dependerá de la mayor o menor conectividad alcanzada entre los distintos parches del paisaje.
5. En el caso del distrito de Las Lomas en Piura, la vegetación del bosque seco es un recurso natural, todavía es abundante y muy adecuado para la recuperación de áreas contaminadas por residuos sólidos, la gran profundidad que alcanzan las raíces de los árboles y arbustos, producto de su adaptación al desierto y a los ciclos del Fenómeno del Niño y de la Niña; permite que sobrevivan a la falta de agua, a las sustancias que pueden afectarlas, a la quema de residuos y los grandes periodos de sequía. Weberbauer^[44] reconoció a esta formación vegetal como “leñosas dispersas, siempreverdes, mantenidas por el agua subterránea” con algunas especies caducifolias adicionales y presencia de algunas herbáceas. Esta descripción es la meta paisajista y de recuperación ambiental a alcanzar.
6. Aplicando las técnicas de la Ecología del paisaje se pueden analizar y restablecer las redes ecológicas afectadas o discontinuas, la escala de paisaje macro es la más adecuada comprender su estructura y el tipo de redes naturales.
7. El mantenimiento de la integridad y de los procesos que soportan los bienes y servicios ambientales requiere necesariamente tener en consideración el papel de los diferentes elementos del mosaico territorial y de su configuración espacial. ^[16]
8. La fragmentación del paisaje es una de las principales causas de la pérdida de integridad del paisaje, por lo que las redes de conservación deben tender a minimizar sus efectos.
9. La conexión a través de las redes verdes permiten la permeabilidad del paisaje entre todos los elementos que lo conforman: los parches, su distribución espacial, los corredores discontinuos, así como las barreras existentes. Los setos y otras líneas de vegetación tienen probada función como corredor biológico.

10. El Paisaje y el Geosistema del bosque seco de las Lomas están fragmentados por la actividad agrícola y algunos usos urbanos incipientes. Se ha determinado cinco parches; de los cuales el más difícil de recuperar es el que contiene al estadio local (parche A con 7.22%). El parche más grande (B con 10.20%) es un área dedicada a la actividad agrícola, que ya debe tener su propia dinámica interna, éste es un parche vecino al parche que contiene al botadero E (3.03%).
11. Este grado de fragmentación del área estudiada es de 29.44%, denominado Salpicado o Jaspeado, que ha perdido el hábitat, no están correctamente conectado y tiene tendencia al efecto borde ^[16].
12. El área presenta grandes posibilidades para su restauración paisajista porque el parche del botadero es relativamente pequeño, está al centro de los cuatro parches y es cruzado por corredores estructuradores.
13. La especie predominante de árboles en la zona del botadero son los Algarrobos *Prosopis pallida* (95%), los árboles de Faique *Acacia macracantha*, que complementan esta densidad arbórea son los que han sido plantados como límites de resguardo en los caminos y entre las parcelas de cultivo.
14. En la zona del botadero han sido eliminados el 100% de los árboles, por lo que se consideró densidad cero para el análisis y la evaluación paisajista. La restauración debe alcanzar una densidad final de 50 árboles/ha.
15. La estructura de distribución espacial de estos árboles encontrada se asemeja a polígonos hexagonales, al unir éstos, se constituirán en la red o tejido permeable de restauración que se unirá a los corredores macro existentes interrumpidos por la actividad del botadero.
16. La forma hexagonal favorece la construcción de los montículos de residuos, sus bordes funcionan como zanjas de coronación para la captación de aguas de escorrentía, a su vez las zanjas de coronación sirven como corredores de restauración ecológica.
17. La vegetación arbórea estructura la red de restauración en la gran escala, la vegetación arbustiva complementa a los corredores, tal que proporcionará el hábitat inicial para la vida silvestre, filtrará el agua de lluvia, protegerá contra la erosión del suelo.

18. Las especies arbustivas de tamaño alto que abundan luego de la temporada de lluvia son el Overo *Cordia lutea*, el cual crece asociado estrechamente a la "Borrachera" *Ipomoea carnea*, La Borrachera es mencionada por la literatura como símbolo de la deforestación y el avance de la actividad agrícola, pero se utilizará en este caso como especie pionera por su agresivo crecimiento en condiciones difíciles.
19. Las semillas de herbáceas nativas contenidas en la tierra vegetal utilizada como cobertura de los residuos, al brotar naturalmente durante la temporada de lluvia, rellenarán el área sobre los montículos evitando la erosión del viento y funcionando como una cobertura que desplazará el agua hacia las zanjas de coronación. Esta vegetación es la considerada pionera y que probablemente acumule en su estructura elementos tóxicos de los residuos.
20. Los árboles y arbustos contribuirán a organizar visualmente el paisaje, los corredores estructurarán la circulación del agua, de los nutrientes, la energía y el oxígeno, el área recuperada se constituirá en un atractor para el retorno de la vida silvestre.
21. la vegetación pionera tanto de los bordes como la que cubra la superficie de los montículos o lomas, deberá ser retirada, investigada y posteriormente eliminada de manera segura –incinerada por su probable acumulación de sustancias tóxicas en los tejidos- para instalar nuevas plantas que continuarán con el proceso de recuperación ambiental del área clausurada.

CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Introducción

En el presente capítulo se expondrá el grado en que cumplió con cada uno de los objetivos planteados, señalando los aportes y limitaciones en cada caso.

La investigación que tuvo lugar en el área de bosque seco alrededor de la zona del botadero municipal del distrito Las Lomas; realizada durante 11 meses en, las que se evaluó dos escalas del paisaje existente, una macro y una micro escala. En dos momentos uno para el análisis de la estructura del paisaje del bosque seco, terminado el cual se pasó a una segunda etapa con un Piloto demostrativo.

En primer lugar a escala de macro paisaje se observó el Geosistema base y la fragmentación sufrida en el mosaico paisajista del bosque debido a la expansión de las actividades agrícolas y urbano-rurales.

En segundo lugar a micro escala al ubicar espacialmente los árboles y arbustos históricos y existentes, analizar la estructura del bosque seco, su densidad natural y la vegetación que podría instalarse para recuperarlo y enriquecerlo ecológicamente.

Los momentos de investigación fueron dos, en un primer momento participé antes de la clausura para investigar en el área del Botadero; las especies vegetales predominantes, estudiar la estructura del bosque seco, las características de los residuos sólidos vertidos en el botadero y la tierra de cobertura a utilizar.

El segundo momento fue después del cierre y clausura del botadero, sobre la cobertura se realizó el trazado de las redes de restauración ecológica, la instalación del Piloto y durante dos meses observé y registré el crecimiento de la vegetación con el fin de continuar a futuro la investigación del comportamiento vegetal y su impacto en el paisaje resultante del Piloto.

5.1. RESULTADOS

El objetivo de Restaurar el Paisaje del Bosque Seco en la zona clausurada acudió como línea base a las características que arrojara el modelo del Geosistema de ese territorio, al mapear y cruzar sus variables topográficas,

hidrográficas, los tipos de suelos, la precipitación pluvial, evapotranspiración y el tipo de vegetación, de un área de 61,247 ha, así se obtuvo una Unidad Paisajista Macro de trabajo.

Posteriormente para un análisis más detallado de la fragmentación de esta U. P. Macro se seleccionó la Unidad Paisajista Matriz (UPM) tomada de un parche con características homogéneas, sobre un área de 82.5 ha que contenía el botadero Las Lomas, ubicada a 247 msnm. Se encontró en síntesis, que para esta UPM la temperatura media fluctúa entre los 25°C a 30°C, la precipitación máxima oscila entre 400 mm a 500 mm (cuando hay fenómeno del Niño se eleva hasta 1200 mm), la geomorfología está compuesta por un valle llano, con lomas erosionadas de muy baja altura, un suelo ligero compuesto por un 67% de arenas y arcilla limosa en un 32%, los cúmulos de vegetación que conforman el paisaje están constituidos básicamente por Algarrobos algo dispersos cuya densidad varía entre $70 \leq 150$ árboles/ha. Se debe mencionar que los Algarrobos están clasificados como de existencia vulnerable.

En esta UPM se reconoció un mosaico del paisaje fragmentado por la intervención de áreas agrícolas, parcelas deforestadas y zonas en proceso de tránsito de rural a urbano. Las áreas de los parches fluctúan entre 2.5 ha a 8.42 ha. La fragmentación detectada en la UPM fue de un 29.44% este es un grado de fragmentación intermedio denominado "salpicado ó jaspeado".

El parche más pequeño de 2.5 ha contiene el área del botadero; este parche tiene la peculiaridad de estar localizado en medio de dos grandes parches de 5.96 ha y 8.42 ha y conectado a otros dos parches más pequeños por tres corredores importantes que atraviesan la zona. La longitud promedio de estos corredores es de 800 m.

La fragmentación intermedia inferior al 30% permite que la organización espacial del bosque sea un factor clave para el retorno de las poblaciones subdivididas, tanto de flora como de fauna, las que traerán consigo la recuperación del suelo, la polinización y semillas.

El área del botadero clausurado también podía interpretarse como un potencial enlace entre las zonas naturales no intervenidas del bosque cuya recuperación permitiría la conexión, fluidez, permeabilidad y continuidad del bosque. Esta particular disposición lo hacía constituirse en una barrera del bosque y en una zona de emisión de elementos contaminantes, (bolsas, papeles, tierra

contaminada, entre otros). Desde el punto de vista paisajista, la existencia del botadero en esta zona del bosque se aprecia como una gran zona devastada, sin árboles, y llena de basura expuesta; aún cuando ya hubiera sido clausurado el botadero, sin un tratamiento paisajista en la época seca, alrededor de unos 9 meses, el paisaje se vería como una zona sin árboles, desértica y erosionada por el viento. Esta zona al estar cerca a la población y sin tratamiento, podía haber sido tentadora para volverla a utilizar como botadero.

En este contexto, la restauración paisajista requería también el análisis de la estructura del bosque seco, a fin de ser utilizada como base ordenadora ó línea base, centrándose la restauración en volver a unir los corredores existentes y en completar la distribución espacial de los árboles.

La distribución espacial de los árboles fue fundamental para la comprensión e interrelación de la gestión ambiental y de la restauración paisajista; se analizó la ubicación de los árboles existentes y de los árboles que se hubieran eliminado, se unieron éstos con líneas y de esa unión se obtuvo un tejido similar a una red no uniforme de hexágonos, la cual se acondicionó según las técnicas de la disposición final.

La estructura de la distribución de los árboles del bosque seco podía ser interpretada como hexágonos cuyas aristas fluctúan entre 18 m a 30 m, éstas se destinaron a ser las zanjas de coronación para la captura de la escorrentía. Las áreas centrales de los hexágonos serían lomas de 40 cm a 60 cm (3% a 5% de pendiente) que contendrían en su interior a los residuos compactados.

Sobre el área clausurada del botadero se identificaron 11 formas hexagonales que definieron la red de restauración, obteniéndose 27 conexiones "X", "T" e "Y" ideales para ser los corredores de restauración que se conectarían a corredores estructuradores del paisaje de una mayor jerarquía y escala encontrados en la UP Macro, en el proyecto piloto se llegaron a instalar 17 de las 27 conexiones potenciales.

En las aristas-zanjas de coronación se instalaron 31 árboles y 51 arbustos que correspondían al 50%, de la vegetación nativa de bosque seco, para determinar esta cantidad me basé en los 32 árboles eliminados. Los árboles y arbustos plantados pertenecen en su mayoría a la familia Fabaceae y a la Leguminosae, de potencial forrajero y restaurador del ecosistema, tienen características deseables como vegetación resistente a la carencia de agua y "pionera" para la

degradación de los residuos, sus raíces estabilizarán los asentamientos del área cerrada y su estructura absorberá en sus tejidos los tóxicos de los lixiviados. También reúnen características que satisfacen la estética paisajista, éstas son cualidades de densidad y textura media, caducifolios, algunos con troncos de color intensamente verde, de savia resinosa, con floración profusa, flores de diverso tamaño, de color amarillo cálido, semillas en vainas de color verde a pardo oscuro.

Como efecto restaurador todos los árboles tienen raíces pivotantes profundas, varios de ellos con asociaciones de micorrizas al ser caducifolias contribuyen con la hojarasca a la construcción del suelo, el caso especial del "Arabisco" de raíces extendidas, es un árbol que ha sido calificado de especie invasora debido a que por su fortaleza se le ha utilizado intensivamente en la remediación de suelos contaminados. Las otras especies arbóreas tienen efectos positivos para la restauración ecológica, son refugio de aves, pequeños roedores y lagartijas, tiene abundante floración que atrae insectos, aves polinizadoras y proporcionan alimento a fauna silvestre.

Por otro lado, la acumulación de residuos desde el inicio de operaciones en el 2008 hasta setiembre del 2010, aproximadamente unos 24 meses, fue aproximadamente de 13,351 Tm considerando que la materia orgánica (un 66.78%) ^[Anexo electrónico 9] hubiera sido consumida por animales y/o que por su alto contenido de humedad (56.49%) se hubiera evaporado por efecto de la exposición y al clima caluroso, así como la extracción de material reciclable (metal o cartón) un 30% al momento del cierre, estimándose una reducción de la cantidad de desechos a unas 3,104.6 Tm.

Al momento de la clausura, esas 3,104.6 Tm fueron esparcidas de manera horizontal y compactadas, el área neta clausurada del botadero fue de 1.157 ha, por lo que la altura aproximada de las lomas varió de 27 cm a 45 cm, dependiendo de su extensión.

No se utilizaron las coberturas convencionales (geomembrana), sólo los recursos disponibles en el lugar, como la tierra eliminada del futuro relleno sanitario. Las zanjas de coronación tampoco tuvieron el relleno recomendado de grava que filtrara la lluvia, sin embargo, tienen un alto porcentaje de arena gruesa, esta variación satisface la necesidad de suelo para el crecimiento de los plantones.

La plantación sobre la zona cerrada fue realizada con especies reproducidas por semilla y por estaca, excepto en tres árboles de Palo Santo que fueron traídos desde el bosque del Angolo. Los árboles se plantaron sobre las zanjas de coronación a una distancia entre ellos de 7 m, e intercaladamente con los arbustos; el riego de mantenimiento para los primeros dos meses se previó con microreservorios en espera de la lluvia.

Es necesario anotar que durante el proceso de cierre se presentaron dificultades económicas en relación entre la municipalidad de las Lomas y la AB Prisma, que obligó a no seguir las pautas convencionales de clausura de la disposición final, el fondo del botadero no fue convenientemente compactado; existió una menor cantidad de residuos porque los recicladores extrajeron todo lo que podía ser aprovechado; por este tipo de acciones y con la exposición de los residuos a la intemperie se puede afirmar que la degradación se ha dado de manera aeróbica.

Los residuos que quedaron, fueron extendidos en toda el área conformándose un área extendida sobre la cual se echó una capa de 45 cm de arena arcillosa para la impermeabilización y otra capa de de suelo vegetal 60 cm.

Una eventualidad fue la ausencia de lluvia, se presentó el fenómeno de la Niña, hasta la fecha, hay sequía en todo el norte hasta la fecha.

5.2. DISCUSIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL PAISAJE Y ECOSISTEMA FRAGMENTADO

El ecosistema y el paisaje de esta zona de las Lomas estaba degradado por el uso contaminante del botadero y por la expansión que se venía dando en vista del crecimiento pequeño pero continuo de los residuos; el hábitat se volvió frágil para la fauna, reflejado en su mal aspecto estético; si bien es cierto que si transcurre un tiempo prudencial la vegetación puede por sí misma volver a brotar y cubrir esta zona, no encontrará el suelo apropiado ni libre de contaminantes para su nutrición y crecimiento saludable. El hábitat compuesto de insectos, mamíferos pequeños, animales rastreros y las aves, al perder su lugar de anidamiento y alimentación ha sido trastocado, encontrándose en un proceso de cambio. El paisaje del bosque seco de Las Lomas tal como lo conocemos se recuperaría totalmente en un muy largo plazo.

El proceso de degradación de los residuos expuestos también se podría dar de manera gradual por efecto del sol, la lluvia, el viento; pero requeriría décadas para eliminar completamente los elementos contaminantes o contaminados, exponiendo la salud de la población cercana al área clausurada a un riesgo permanente.

Es interesante observar que al realizar este esfuerzo en la recuperación del paisaje algunos objetivos se han ido cumpliendo a medida que se ha ido avanzando con el proceso descriptivo de la tesis y en otros aspectos se ha completado la evaluación de la unidad paisajista:

1. El primer hallazgo fue de que el parche que contenía el área clausurada era un nexo importantísimo en la continuidad del bosque seco, esta particular localización no se había detectado en los inicios de esta investigación. El pequeño parche del botadero de 2,5 ha es un área de alta fragilidad porque ha sido devastado, al mismo tiempo es de importancia vital como un amplio corredor entre las áreas aún intactas del bosque seco. Su recuperación permite tener un corredor potente, distribuidor de materia y energía que reestructurará el bosque permitiendo los flujos vitales de la fauna y la flora.
2. Se encontraron 3 grandes corredores correspondientes a vías carrozables y quebraditas secas que conectan los parches de la UPM, estos corredores no se interrumpen completamente al atravesar el área del botadero, pero requieren de una red permeable adicional que establezca conexiones más fluidas sobre el área de clausura.
3. La mayor limitación fue no tener el tiempo suficiente ni los recursos para hacer la caracterización de cada uno de los parches encontrados y su relación eco-paisajista con el parche central.
4. Al estudiar la distribución espacial de los árboles del bosque seco, éste mostró un patrón que podía adaptarse a los objetivos de la red de restauración y a los objetivos de la remediación de la disposición final de los residuos sólidos. Se encontró un tejido no homogéneo de polígonos hexagonales, ideal para el objetivo buscado, que requería una forma racional para conformar los montículos de residuos; un polígono de más lados hubiera complicado el trazado de las zanjas de coronación.

5. Por otro lado, con respecto a la densidad objetivo dada por el Proyecto Algarrobo del INRENA para la zona de estudio ($70 \leq 150$ árboles/ha), donde predominan los Algarrobos *Prosopis pallida* en un 95%. Debido a las características contaminantes de los residuos, en la tesis se tomó como hipótesis inicial el instalar árboles no comestibles procedentes del bosque seco; con las especies escogidas se alcanzaría características similares ó mejores al del paisaje original; mejores en términos de restauración del hábitat por ser árboles que dan cobijo a aves (palomas alviblancas, picaflores, abejas) y de mejores características paisajistas por una floración diversificada.
6. La mayor limitación y a la vez fortaleza de la investigación es que se realizó sobre una experiencia real de clausura, las limitaciones fueron superadas con la documentación y los estudios fuente. Una gran limitación fue que no se participó en el Plan de cierre, cuando se inició esta investigación el proyecto ya estaba en trabajo, ya se habían caracterizado los residuos, estaban en espera de los recursos económicos y logísticos para el cierre; espera que tomó varios meses en ejecutarse.
7. Hubieron además las condiciones que se presentan cada día en los trabajos realizados en nuestro país, la falta de suficientes recursos económicos para instalar una cobertura convencional apropiada, por otro lado, la coyuntura electoral municipal que discontinuó el proceso de cierre en los plazos y en el periodo estacional necesario para la investigación con especies vivas sujetas a los cambios de temperatura y humedad, con el imprevisto adicional de haberse manifestado una época de sequía que atentó a los objetivos de observación del crecimiento de las herbáceas por efecto de lluvias; aún así, se clausuró el botadero, se trazó la red de restauración e instalaron las especies escogidas. Posteriormente se observaron algunas herbáceas brotando sobre los montículos y cerca a los plantones.
8. La vegetación requerida no se podía encontrar en los viveros locales, ni que hubieran sido sembradas de semilla, requisito necesario para una buena conformación radicular; por ello se tomó la decisión de sembrarlas en almácigos controlados por el experto.

9. Las especies plantadas son de crecimiento agresivo especialmente en la época de lluvia, de no tener esta condición, es posible que demoren en cubrir la zona más de un año, hasta cuando empiece el nuevo ciclo de lluvias.
10. ¿Que afectó gravemente el crecimiento de la vegetación? A pesar de lo esperado, no fueron las emanaciones de los residuos. Durante los tres meses de observación, con los cuidados y protección dados, no se pudo evitar los ataques de las cabras que devoraron los arbustos Overo *Cordia lutea*, respetaron los arbustos de Bellaquilla *Thevetia peruviana* (son tóxicos), pisotearon las plantitas muy pequeñas. A pesar de estos animales, el 97% de la vegetación plantada pudo medrar y alcanzar unos 2 m de altura.
11. El paisaje del área clausurada ya presenta vegetación herbácea en pleno crecimiento sobre las áreas de lomitas, tiene unos 15 cm de altura, las especies plantadas están floreciendo. La fauna local de aves e insectos están retomando a esta área, se espera lo mismo de mamíferos pequeños apenas crezcan los árboles.
12. La vegetación pionera instalada que crece sobre el área clausurada abre muchas interrogantes sobre su desarrollo y capacidad de captar los contaminantes del suelo, interrogantes que deberán ser respondidas por investigaciones posteriores que deberán registrar la capacidad de procesamiento de las sustancias tóxicas, en especial los procesos que determinan la disponibilidad de los contaminantes, su absorción, traslocación, quelación, degradación y volatilización en las plantas de bosque seco ayudará en su divulgación y aplicación en casos similares.
13. La legislación peruana no contempla la restauración paisajística como un deber del que utiliza espacios naturales con fines productivos, menos en el caso de un basural o botadero; esta omisión impide el definir qué hacer con las áreas recuperadas en caso de la clausura de los botaderos y los usos futuros que se podría prever en los proyectos de expansión o en los planes de desarrollo urbano. La legislación sólo menciona en el caso de los rellenos sanitarios su uso como parques o bosques en previsión de los riesgos por gases o asentamientos en el terreno, esta investigación basó su propuesta piloto en esta disposición legal.

14. Fortalezas adicionales que apoyan a una exitosa recuperación del paisaje y que no derivan de las técnicas empleadas fueron: a.- el impacto positivo en la población local, que lejos de regresar a antiguos hábitos de disponer sus residuos en la zona, han hecho suyo el proyecto y cuidan la zona para el futuro un parquecito local. b.- las nuevas autoridades de las Lomas también ha reconocido el aporte restaurador y respetan la experiencia innovadora de la tesis, preguntaron el porqué de que no se hayan colocado más especies maderables, indicándoles que la madera podía contener sustancias tóxicas en su estructura que podrían afectar a la salud de los que la manipularan.

Este primer trabajo demuestra que no es posible restaurar el paisaje de un área degradada únicamente interviniendo a nivel de la micro escala, la restauración resultará con un relativo éxito, particularmente si se utilizaron especies nativas, pero no contribuirán plena y orgánicamente a la recuperación del ecosistema y del paisaje sobre el cual se asienta.

CAPITULO VI CONCLUSIONES

6.1. DEL PAISAJE Y LA CLAUSURA DEL BOTADERO

1. El paisaje es uno de los recursos naturales y culturales que sustentan a la humanidad, el valor y el interés del paisaje tienen una importancia creciente en las sociedades que se están desarrollando económicamente por la fragilidad que éste manifiesta al avance del desarrollo sobre las tierras aún vírgenes; de manera que el concepto paisaje en el contexto del “Medio ambiente” es un componente que debe ser preservado porque tiene cada vez mayor relevancia física, económica y social.
2. El paisaje es un bien público indispensable para asegurar un desarrollo sostenible y la permanencia saludable de la población en el territorio, la conservación del paisaje mantiene la riqueza y diversidad paisajística, el valor cultural de la relación del hombre con su paisaje, contribuye a la preservación de valores ambientales como los ecosistemas, la fauna y la flora, así como la salud y el bienestar de la población. El paisaje, natural ó urbano, forma parte del medio y es derecho de todos el disfrutar de un paisaje armónico.
3. La contaminación de un botadero produce consecuencias dañinas para el medio urbano circundante, los malos olores, la producción de gases, la proliferación de insectos, roedores, y la pérdida del paisaje natural perjudica a la misma ciudad. El deterioro paisajístico causado por un botadero amenaza el patrimonio e identidad de los habitantes e impide las posibilidades futuras de aprovechar el paisaje como recurso para la expansión urbana sostenible.
4. La restauración ecológica y paisajista de un área de disposición final de residuos sólidos, donde se utiliza como nexo restaurador la vegetación nativa y naturalizada, unido por las técnicas de la Arquitectura del Paisaje y de la Gestión Ambiental, permiten recuperar integralmente el paisaje en todas sus dimensiones.
5. La recuperación de áreas paisajísticamente degradadas protege y mantiene la Mega diversidad del Perú; la Megadiversidad botánica debe

investigarse como un poderoso recurso biológico para los fines de restauración paisajística, por lo que se es necesario inventariar y estudiar a las especies nativas de características deseables con objeto de fitorremediación.

6.2. DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

1. La contaminación que existe en el área clausurada del botadero que es tratada con vegetación nativa de manera experimental es una técnica de fitoremediación, las plantas utilizadas son nativas o naturalizadas en el bosque seco, tienen la capacidad para absorber, metabolizar, acumular, estabilizar o volatilizar contaminantes orgánicos y/o inorgánicos, capacidades que aunadas a las complejas interacciones de su rizósfera. Es una tecnología amigable al Medioambiente que tiene importantes ventajas sobre otros métodos convencionales de remediación de la contaminación por su bajo costo de instalación y mantenimiento y porque devolverá la imagen del paisaje perdido.
2. Las especies vegetales investigadas, utilizadas y que están creciendo saludablemente, son las de la familia Leguminosae o Fabaceae: Charán, Faique, Palo verde, Parkinsonia, Porotillo. Estas especies constituyen el 71% del total instalado en el área clausurada. El Algarrobo ha sido excluido a pesar de pertenecer a ésta familia porque es comestible por las personas y los animales.
3. Complementariamente y en menor porcentaje se incluye especies de la familia Burceraceae el Palo santo, de la familia Apocinaceae el Bellaquillo y de la familia Nyctaginaceae la Bugarvilia. Estas especies darán color y textura al paisaje.
4. Todas estas variedades integran la red de restauración piloto, cumplen funciones ecológicas y a su vez de fitoremediación, son de fácil propagación, resisten las condiciones limitantes del botadero y del ecosistema, como la sequía, los suelos compactados, el pH alto, la salinidad, y por sus características del follaje servirá de barrera para el viento. Su crecimiento relativamente rápido y de follaje deciduo hace que tenga una buena producción de materia orgánica, , favorecen la

restauración o la formación del suelo. Especies como el Arabisco y el Porotillo, tienen una relación alta de C/N con la presencia de nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas, que compensan el bajo nivel de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes en el suelo.

5. Las especies arbustivas seleccionadas, Buganvilia y Overo, tienen una alta tendencia a adquirir una propagación malezoide invasora, incontrolable, que se puede mantener en tanto se absorben las sustancias tóxicas.
6. Los residuos tapados están siendo estabilizados por el crecimiento del sistema radical de cada especie plantada, una moderada cantidad de residuos y las características de degradación dadas por un botadero a cielo abierto influirán positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, a mayor cantidad de residuos disminuirá su desarrollo por la falta de oxígeno.
7. Las plantas pequeñas que crecerán sobre los montículos serán una forma de bio-retención de aguas pluviales, las que se ubiquen en las zanjas de coronación se podrán desarrollar mejor si los residuos están a un metro de las zanjas, las plántulas al crecer fortalecerán su sistema radical y su mortandad disminuirá cuando entren en contacto con los residuos en descomposición.
8. La tierra vegetal colocada en la superficie del botadero tiene semillas de herbáceas que no deberán retirarse cuando crezcan, porque lejos de ser “mala yerbas”, atraen insectos y animales menores favorables al fortalecimiento del ecosistema local.
9. La vegetación pionera a medida que crezca también mejorará las condiciones de microclima existente. Se espera que mitigue y revierta el proceso de desertificación que se observa por efecto del uso del área como botadero.
10. No se observa estrés en las plantas, el crecimiento se registró de manera normal, sin diferencias significativas entre todas las especies plantadas.
11. Las eventuales condiciones de sequía se mitigaron durante dos meses con el suministro de agua por goteo con los microrreservorios.

12. Las condiciones de supervivencia de los plantones están condicionadas a su protección contra los animales que circulan en busca de alimento por el lugar.
13. La degradación de los residuos del botadero a cielo abierto de Las Lomas no respondió a patrones estudiados de degradación anaeróbica, por el contrario, muchos de los residuos estuvieron expuestos a su degradación aeróbica y quema incontrolada, por lo que fue imposible prever volúmenes de gases emitidos. Sin embargo, no se observó impacto alguno de esas posibles emanaciones en la vegetación instalada.
14. La caracterización de los residuos permitió prever el tamaño de las lomadas, el asentamiento de éstas y el tipo posible de contaminación de la vegetación, el alto porcentaje de residuos orgánicos hacer prever que el asentamiento será muy alto en los primeros meses.

6.3. DE LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE DE LAS LOMAS

1. Los bosques secos son recursos amenazados en el mundo porque tienen climas y suelos propicios para la agricultura, el pastoreo y la expansión urbana. La utilización de estas áreas para usos urbanos contaminantes hará que se fragmente y finalmente desaparezca su conexión con otros sistemas ecológicos, dando paso a paisajes áridos y a cambios estructurales en su ecología. El Algarrobo y los algarrobales están considerados como una especie en situación vulnerable y un bosque en vía de extinción.
2. El paisaje del bosque seco es una parte integrante de ciclos y procesos biológicos, anuales, eventuales y de largo plazo como el ENSO. La organización estructural de este paisaje en matrices, parches y corredores, son características que reflejan la función que éste desempeña; su fragmentación, es un proceso que presentan cambios y efectos en el ecosistema, analizarlo mostró su fluir a través de su estructura y su dinámica de transformación a través del tiempo.
3. La fragmentación de esta área es inferior al 30%, lo que permite que la organización espacial de las redes restauradoras sea un factor clave para la recuperación mediata de las poblaciones vegetales y animales.

4. La Megadiversidad natural del bosque seco es un recurso que requiere estudios más profundos como recurso para la remediación de áreas degradadas por usos contaminantes. La vegetación nativa del bosque seco del norte del Perú es un gran potencial en este sentido, la gran profundidad que alcanzan sus raíces permite que sobrevivan a las acciones que pueden dañarlas, como la quema de residuos, la falta de agua superficial y los grandes periodos de sequía.
5. Los árboles de la zona estudiada presentaron una distribución espacial sencilla que se utilizó como un patrón para obtener las redes de restauración ecológico-paisajista a nivel macro y posteriormente la red de restauración sobre el área clausurada.
6. Las redes de restauración unidas a los corredores encontrados se constituirán en estructuras complejas para generará hábitats de calidad, están constituidas por árboles y arbustos de buen tamaño, los que por su estructura aportarán calidad e intensidad a los movimientos de las especies que cobijen, favorecerán hábitats para el refugio y comida de varias clases de animales, plantas, reptiles, insectos y microorganismos.
7. Las intersecciones generadas y con la vegetación propuesta son puntos clave de la organización de la red, éstos tendrán sus propias características ambientales al ser los lugares de encuentro de los flujos generados, favoreciendo la recolonización.
8. Se espera que la vegetación con especies diferentes produzca la tendencia no sólo al retorno sino a aumentar la biodiversidad local, se introdujeron especies del mismo ecosistema del bosque seco, Porotillo, Palo Santo, Arabisco y Bellaquillo, que servirán de complemento, no de competencia a la biodiversidad existente y que aportarán con características ornamentales apropiadas.
9. La dominancia visual e impacto que tiene en el paisaje la existencia del botadero disminuirá a medida que la vegetación crezca, al haberse seleccionado especies de poderoso crecimiento y resistencia a condiciones adversas, se estima que el paisaje empezará a recuperarse al término del segundo año.

CAPITULO VII **RECOMENDACIONES**

7.1. **PARA LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE**

1. Los paisajes del Perú son un recurso cuyo uso indiscriminado hará que pierdan su riqueza y finalmente desaparezcan, es recomendable mantener y preservar sus diversos sistemas ecológicos, paisajistas y culturales para que sean sostenibles en el tiempo y para una ocupación urbana sustentable; en previsión a que cada vez avanza más nuestro desarrollo y la necesidad de espacio urbano.
2. La restauración del Paisaje es un proceso holístico e integral que debe ser trabajado a dos escalas, la macroescala y la microescala. La macroescala permite comprender los circuitos biológicos y el mosaico paisajista correspondientes a las regiones y cuencas. La microescala para trazar las redes verdes sobre el área a trabajar y unirlas a las redes estructuradoras de mayor jerarquía.
3. La colaboración del paisajismo y de la gestión ambiental en la disposición final de los residuos sólidos, permite reducir el tiempo de recuperación de las zonas clausuradas. Un especialista en restauración del paisaje debe intervenir en el diseño de los circuitos y corredores biológicos durante el Plan de Clausura de botaderos o de rellenos sanitarios, así como el diseño detallado de las redes de restauración sobre el área clausurada.
4. Se deberá estudiar la estructura del bosque seco para encontrar la distribución espacial de los árboles tal que se utilice como un patrón para obtener las redes de restauración ecológico-paisajista. Se recomienda también hacer una investigación o seguimiento histórico de la vegetación a fin de reinsertar especies que pudieran haber sido eliminadas del lugar y que pudiera ser potencial atractor de fauna nativa que haya emigrado por falta de zonas de anidamiento o de alimentación.
5. Se recomienda trabajar con cartografía y mapas satelitales que complementen el relevamiento de campo y el uso de software especializado que permita el cruce de los mapas temáticos y la visualización simplificada del Geosistema.

6. Es posible utilizar vegetación nativa del bosque seco del norté del Perú en la recuperación de áreas contaminadas por residuos sólidos de zonas de la costa peruana hasta 300 msnm, basados en que tienen parecidas características de suelo y clima. La gran profundidad que alcanzan las raíces pivotantes de estas especies, permite que sobrevivan al clima y a los amplios periodos de sequía.
7. La vegetación a ser instalada habrá de ser propagada necesariamente de semilla para garantizar su buen enraizamiento, se deberá recurrir a viveros especializados o propagarse in situ en un invernadero especialmente acondicionado. Las especies reproducidas por estaca o acodo al crecer desarrollan una raíz fasciculada superficial y no la raíz pivotante y profunda requerida, por lo que poco servirán para el objetivo deseado.
8. Se utilizará las zanjas de coronación como canales de la red de restauración, a estas se les incorporará arena gruesa y sustrato preparado con tierra vegetal en 50%, la tierra vegetal deberá proceder de zonas cercanas al botadero. Se tendrá particular cuidado de que los residuos queden a una distancia de 1m de las zanjas, para que la vegetación crezca y se estabilice, con el objeto de bajar sus tasas de mortandad, al crecer extenderán sus raíces hacia los montículos de residuos.
9. La cantidad de agua del sistema de riego influye en el desarrollo apropiado de las raíces, se debe regar sólo para que no se deshidrate la plántula en sus primeros meses, luego se dejará que sus raíces busquen por sí mismas el agua en el subsuelo. Se deberá prever el suministro de agua por goteo con microrreservorios u otro sistema que garantice la supervivencia de los plantones hasta que adquieran un tamaño apropiado y resistan las inclemencias por sus propios medios. A la vez que sea la mínima emisión de agua hacia los residuos para no incrementar los lixiviados.
10. La forma del riego de las especies de bosque seco deberá ser colocado lo más profundamente posible para que las raíces de la planta sigan su patrón natural de crecimiento, si el riego es muy superficial, el efecto de

sustentación de la planta y de estabilización de residuos por medio de las raíces no se conseguirá.

11. La utilización de la tierra vegetal de la zona permite que el estrés del trasplante disminuya, y al contener las semillas de las herbáceas nativas éstas crecerán y actuarán como vegetación pionera, atrayendo insectos y aves favorables a la recuperación del hábitat.
12. Se debe instalar vegetación con sistemas radiculares complementarios entre sí para la estabilización del área clausurada, unas que tengan un sistema radicular profundo y otras con un sistema radicular superficial y extendido, ambos tipos se presentan en vegetación arbórea de zonas desérticas.
13. Se debe tener en cuenta que las condiciones de supervivencia de los plantones, además de resistir a los lixiviados y gases, también están condicionadas a su protección contra los animales que circulan en busca de alimento por el lugar; se deberá poner un cilindro de materiales reciclados – botellas plásticas - o si es muy grande la planta, un cerco de malla metálica.
14. En la primera etapa de la vegetación pionera, no se sembrarán árboles maderables, ni especies que se puedan trabajar artesanalmente; posteriormente se analizará la madera de los árboles existentes y se podrá determinar si no hay sustancias tóxicas en la madera, de no existir sustancias tóxicas en los tejidos de los troncos y follaje, se procederá a plantar especies nativas productivas.
15. La vegetación pionera deberá ser retirada, analizada y eliminada apropiadamente, para evitar algún efecto contaminante, se requiere un monitoreo de seguimiento de mediano y largo plazo, así como el desarrollo de técnicas de bajo costo para la eliminación de la vegetación pionera contaminada.
16. Con respecto al paisajismo del área clausurada, se recomienda utilizar la vegetación arbustiva densa como pantallas vegetales para resolver el problema de la diseminación de las bolsitas plásticas por acción del viento.

17. Los arbustos más densos y resistentes –overo- se instalarán en el perímetro del área de cierre. Estos en breve plazo mitigarán la baja compactación del lugar.
18. Para el efecto paisajista se deberá mezclar especies que florezcan en temporadas diferentes. En el caso de la borrachera *Ipomoea carnea*, esta es una especie agresiva que servirá como planta pionera a la vez que decorativa por su bella floración.
19. Se recomienda dejar que el área se establezca en un periodo de 3 años, que crezcan las plantas y se reestructure el paisaje.

7.2. PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL

1. La recuperación de un área de botadero clausurado, utilizando sólo vegetación nativa como técnica de fitorremediación debe ser realizada cuando el botadero es pequeño ó tiene un periodo corto de vida, porque así se evitará una gran mortandad de la vegetación, la restauración ecológica será inmediata y el costo de la implementación será mínimo.
2. La fitorremediación es recomendable por los bajos costos de instalación y mantenimiento, por la capacidad de las plantas para absorber, adsorber, metabolizar, acumular, estabilizar o volatilizar contaminantes orgánicos y/o inorgánicos; aunada a las complejas interacciones que establecen con la rizósfera, esta tecnología tiene importantes ventajas sobre otros métodos convencionales de remediación de la contaminación y con un potencial ecológico o paisajista superior.
3. Los usos recomendados para áreas de botadero clausurados en caso se utilicen en áreas semi urbanas, serán los que incorporen flora y fauna nativas, por ejemplo parques, viveros o jardines botánicos. La distribución de la vegetación será la que favorezca a la conectividad de las áreas fragmentadas y re-establezca los corredores biológicos.
4. Se recomienda que los residuos que puedan ser reciclados y re utilizados, como por ejemplo las botellas de vidrio y las de plástico, podrían ser tomados para realizar recipientes de propagación de plantas nativas, microrreservorios, cilindros de protección, productos artesanales, pavimento ó mobiliario para el futuro uso del área. Los residuos orgánicos

se utilizarán para la preparación de compost que enriquecerá el suelo del área clausurada.

5. Con respecto a la zona del botadero, cuando se carezca de geotextiles para su impermeabilización, se colocará una capa de 50 cm de tierra arcillosa en la base del área, que debe tener una conductividad hidráulica 1×10^{-7} , se compactará lo suficiente para lograr la impermeabilización del área.
6. Se tendrá cuidado de colocar los residuos punzo cortantes aisladamente y con buena compactación, realizando montículos con una pendiente de 3% a 5%.
7. La capa de cobertura final deberá tener de 30 cm a 60 cm, se reforzará la pendiente hacia las zanjas de coronación y se concluirá con una capa de suelo vegetal del lugar, enriquecido con 20% de compost.
8. El sellado superficial reduce la migración de contaminantes y el contacto con personas y animales pero no disminuye la toxicidad, movilidad o el volumen de los residuos. Se debe aislar el área hasta que se compruebe su estado de contaminación.
9. La vegetación que se deje crecer sobre la cobertura deberá ser la de raíces poco profundas, las demás deben ser eliminadas del área de la cubierta.
10. Otros problemas asociados al sellado superficial se producen como consecuencia del asentamiento de los residuos con el tiempo, la infiltración, deslizamientos, o la estabilidad de las pendientes y taludes. Estas modificaciones afectan al drenaje superficial o a los puntos de conexión entre estructuras rígidas y no rígidas. A largo plazo, la efectividad del sellado superficial puede disminuir como consecuencia de estos y otros problemas.

CAPITULO VIII FUENTES DE INFORMACIÓN

8.1. ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS, FOTOGRAFÍAS Y TABLAS

8.1.1. Cuadros

Cuadro N°	Descripción	Pg
Cuadro N° 1	Resumen del marco legal peruano referido a la disposición final de residuos sólidos	40
Cuadro N° 2	Cobertura Vegetal en las Lomas – Piura	70
Cuadro N° 3	Características de la Cuenca visual que rodea al botadero	93
Cuadro N° 4	Análisis de la Organización Visual	94
Cuadro N° 5	Instalación de la Vegetación pionera	129
Cuadro N° 6	Desarrollo de la Vegetación pionera sobre el área clausurada del Botadero Las Lomas	133

8.1.2. Índice de Figuras

Figura N°	Descripción	Pg
Figura1	Botadero Las Lomas, foto satelital Google 2007 modificada a blanco y negro [67]	4
Figura 2	EIA Plan de clausura o saneamiento del relleno sanitario Santo Domingo [52]	4
Figura 3	Matriz, parches y corredores Forman y Godron [18]	10
Figura 4	Bordes entre parches Forman y Godron [18]	11
Figura 5	Fragmentación del paisaje Olf, Han y Ritchie, Mark E. 2002 [70]	13
Figura 6	Grados de alteración del paisaje Hobbs y Wilson 1998 [16]	13
Figura 7	Estructura Del Paisaje, Morláns, María Cristina. [23]	16
Figura 8	Funciones de los corredores ecológicos. Hobbs y Wilson 1998 [16]	17
Figura 9	Drenaje superficial EIA Plan de clausura o saneamiento del relleno sanitario Santo Domingo [52]	37
Figura 10	Propuestas para la estructura de salida final del drenaje de gases del relleno Jaramillo, [53]	40
Figura 11	Ejemplo de Loma para escorrentía superficial Fuertes, H. EIA Rellenos sanitario de Santo Domingo [52]	42
Figura 12	Mecanismos de Fitorremediación, Delgadillo-López, A. [33]	45
Figura 13	Sistema de riego con microrreservorio Ing. Agr. Marcelo Gregorio Gómez, Bolivia	54
Figura 14	Microrreservorio del Ing. Mario Matorel cuatro botellas unidas foto Ing. Gladys Monge, nov 2010	56
Figura 15	Microrreservorio perforación, foto Ing. Gladys Monge, nov 2010	56
Figura 16	Microrreservorio en prueba foto Ing. Gladys Monge, nov 2010	56
Figura 17	Mapa del departamento de Piura [26]	60
Figura 18	Promedios multianuales de temperaturas máximas y mínimas Periodo	60

	1955-1991 [72]	
Figura 19	Promedios multianuales de precipitación acumulada mensual Periodo 1955-1991 [72]	61
Figura 20	Mapa de Bosques secos INRENA 1994 [6]	62
Figura 21	Bosque seco en meses de verano, fotografía Ing. N. Aguilar mayo 2010	63
Figura 22	Bosque seco en meses de invierno, B. Montoro julio 2010	63
Figura 23	Fenómeno de la Niña Fuente: http://www.elclima.com.mx	65
Figura 24	Reserva de la Biosfera del NorOeste (RBNO) [38]	68
Figura 25	Porcentaje de familias según N° de especies arbóreas en los bosques secos de la RBNO	69
Figura 26	Cambios de cobertura y uso de la tierra del Bosque seco de Piura del año 1986 al 2001 [21]	71
Figura 27	Cercidium praecox, fotografía B. Montoro dic 2010	76
Figura 28	Cambios estacionales del paisaje, Biol Torre SEPIA XI Perú, Trujillo, 2005	76
Figura 29	Textura del Bosque seco fotografía B Montoro, dic 2010	77
Figura 30	Borde del Bosque seco, fotografía B Montoro, dic 2010	77
Figura 31	Bosque seco época de estío, coloración oscura de árboles deciduos fotografía B Montoro, dic 2010	77
Figura 32	Bosque seco, floración de Cercidium praecox fotografía B Montoro, dic 2010	77
Figura 33	Bosque seco, reverdecimiento y floración fotografía B Montoro, ago 2011	77
Figura 34	borde del Bosque seco zona de Las Lomas, fotografía B Montoro, ago 2010	77
Figura 35	Bosque seco, contraste de texturas y colores de la vegetación fotografía B Montoro, agosto 2010	77
Figura 36	Ubicación de Las Lomas en la provincia de Piura	78
Figura 37	ING Hoja 0861 10-c Las Lomas Perú Esc. 1:100,000.	79
Figura 38	Calicata en las Lomas, fotografía B. Montoro abril 2010	80
Figura 39	Localización del Botadero Municipal Las Lomas, fotografía Google 2007	83
Figura 40	Botadero las Lomas, fotografía B. Montoro abril 2010	83
Figura 41	Recojo de residuos domésticos, Las Lomas, fotografía B. Montoro abr. 2010	84
Figura 42	Residuos contaminantes en el botadero Las Lomas, fotografía B. Montoro abr.2010	87
Figura 43	Foto aérea del IGN ^[Anexo 5] con superposición de foto satelital Google ^[67] y trazado del botadero por Ing. Pedro Pingo ^[Anexo electrónico 10] , superposición B. Montoro	90
Figura 44	Distrito Las Lomas, localización del botadero y áreas fragmentadas, foto satélite de Google ^[67] abril 2007.	90
Figura 45	Montículos de basura y vegetación de verano, botadero Las Lomas, fotografía B. Montoro abr.2010	91
Figura 46	Acumulación de Residuos sólidos en el Botadero Las Lomas, fotografía B. Montoro abr.2010	91
Figura 47	Descarga informal de residuos fotografía Ing. Nelson Aguilar, Prisma mayo 2010	91
Figura 48	Gallinazos comiendo los desechos del botadero las Lomas y reposando sobre un Algarrobo, fotografía B. Montoro julio 2010	91
Figura 49	Cabras domésticas comiendo los desechos, fotografía B. Montoro julio 2010	92

Figura 50	Ing. Jorge Flores Jefe de Proyecto de cierre en el Botadero Las Lomas, fotografía Ing. Aguilar, junio 2010	92
Figura 51	Paisaje del Botadero Las Lomas, fotografía Ing. Nelson Aguilar jun. 2010	93
Figura 52	Pobre calidad visual en Botadero Las Lomas, fotografía Ing. N. Aguilar	93
Figura 53	Vía de acceso al Botadero, fotografía Ing. Aguilar, junio 2010	93
Figura 54	Tres planos del paisaje, al fondo las lomas características de esta zona, seguidas por el bosque seco, en un primer plano el botadero, fotografía Ing. Nelson Aguilar mayo 2010	94
Figura 55	Contraste visual de la vegetación de verano, Fotografía B. Montoro abr.2010	94
Figura 56	Contraste visual en invierno, fotografía Ing. N. Aguilar mayo 2010	94
Figura 57	Alta Dominancia visual del Botadero en el Bosque seco, fotografía Ing. Nelson Aguilar mayo 2010	94
Figura 58	Faique creciendo entre residuos del Botadero Las Lomas, fotografía Ing. Nelson Aguilar mayo 2010	97
Figura 59	Palo Santo fotografía B. Montoro jul 2010	98
Figura 60	Palo Santo www.wikipedia.org/wiki/Bursera_graveolens	98
Figura 61	Arabisco www.b-and-t-world-seeds.com	99
Figura 62	Arabisco Detalle de floración www.fao.org	99
Figura 63	Faique www.bosquepuyango.ec	99
Figura 64	Faique detalle de hojasy floración www.plantes-botanique.org	100
Figura 65	Faique www.worldwidewattle.com	100
Figura 66	Faique detalle de floración www.gislab.fiu.edu	100
Figura 67	Palo Verde, foto B. Montoro jul 2010	100
Figura 68	Palo Verde-detalle de tronco foto B. Montoro jul 2010	100
Figura 69	Charán www.bosquepuyango.ec	101
Figura 70	Parkinsonia www.delange.org	101
Figura 71	Parkinsonia www.ag.arizona.edu	101
Figura 72	Porotillo -detalle de tronco, foto B. Montoro jul 2010	101
Figura 73	Porotillo detalle de floración www.pflanzen-im-web.de	102
Figura 74	Overo en botadero foto B. Montoro jul 2010	102
Figura 75	Overo detalle de floración www.lookfordiagnosis.com	102
Figura 76	Buganvilia www.lamolina.edu.pe	103
Figura 77	Bellaquillo, foto BMontoro jul 2010	103
Figura 78	Bellaquillo detalle de flor fotografía B. Montoro jul 2010	103
Figura 79	Sistema de sujeción y protección con botellas recicladas, fotografía B. Montoro dic 2010	111
Figura 80	Superposición de imagen satélite Google ^[67] sobre foto aérea Servicio Aerofotográfico Nacional ^[Anexo 5]	114
Figura 81	Mapa IGN 1/100,000, área 61,247 ha ^[Anexo 6]	116
Figura 82	Foto satélite Google Botadero Las Lomas altura 1.86 Km. ^[67]	116
Figura 83	Relevamiento de árboles, fotografía B. Montoro julio 2010	117
Figura 84	Toma de muestras de árboles y arbustos para su identificación, fotografía Ing. Altuna, julio 2010	117
Figura 85	Foto satélite Google altura 475 m. Área del botadero y registro de árboles del año 2007	117
Figura 86	Mapa base del IGN escala 1/100,000	118
Figura 87	Mapa de variación de temperaturas fuente INRENA ^[6] – CIPCA ^[64]	118

Figura 88	Mapa de Pluviometría. Fuente INRENA ^[6] – CIPCA ^[64]	118
Figura 89	Mapa de evapotranspiración. Fuente Gobierno regional de Piura	118
Figura 90	Mapa de susceptibilidad a la erosión. Fuente Gobierno regional de Piura ^[34]	119
Figura 91	Mapa de distribución de la vegetación Fuente R. Linares ^[38] . Elaboración propia	119
Figura 92	Mapa de usos del suelo. Fuente INRENA ^[6] – CIPCA ^[64]	119
Figura 93	Mapa de cultivos. Fuente INRENA ^[6] – CIPCA ^[64]	119
Figura 94	Cobertura vegetal. Fuente INRENA ^[6] – CIPCA ^[64]	119
Figura 95	Mapa síntesis de la Geomorfología del bosque seco de Las Lomas, Piura. Elaboración propia	119
Figura 96	Fragmento de la Unidad Macro	121
Figura 97	Delimitación de unidades paisajistas	121
Figura 98	Superposición de la zona del bosque seco que contiene al botadero en UP	121
Figura 99	Fragmentación del bosque seco en la zona botadero Las Lomas	121
Figura 100	Corredores cercanos al botadero Las Lomas	122
Figura 101	Tejido permeable que restaurará el paisaje	122
Figura 102	Botadero las Lomas antes de su clausura	126
Figura 103	Botadero Las Lomas en proceso de clausura. Fotografía Ing. Pedro Pingo set. 2010	126
Figura 104	Árboles sobre la zona del botadero. Elaboración Propia	126
Figura 105	Área sombreada del Botadero 1.05 ha. Área para el Proyecto Piloto en líneas segmentadas de color amarillo	127
Figura 106	Patrón espacial del bosque seco de la zona del botadero, encontrado al unir linealmente los árboles eliminados y los árboles existentes.	127
Figura 107	Superposición de patrón espacial de los árboles y las lomas de cobertura de residuos	127
Figura 108	Corte de las lomas de cobertura	127
Figura 109	Corte que muestra las lomas, el canal de drenaje y el crecimiento de la vegetación.	128
Figura 110	Especies vegetales nativas a instalar en la superficie cerrada del botadero. Fotografía B. Montoro noviembre 2010.	128
Figura 111	Planteamiento para la instalación de la vegetación nativa en el área clausurada del botadero Las Lomas, ^[Anexo electrónico 10]	129
Figura 112	Área clausurada antes de instalar la vegetación. Fotografía B. Montoro dic 2010.	129
Figuras 113 y 114	Trazado de la zona a ser plantada. Fotografías B. Montoro, diciembre 2010	130
Figuras 115, 116 y 117	Trazado e instalación de la vegetación. Fotografías B. Montoro, diciembre 2010.	130
Figura 118	Vegetación en proceso de crecimiento. Fotografía B. Montoro, febrero 2011.	130
Figura 119	Microreservorios para el sistema de riego por goteo. Fotografía Ing. Gladys Monge.	130
Figuras 120 a la 128	A los dos meses de instalada, árboles y arbustos se desarrollan bien, la pérdida fue del 3% debido a animales que comieron o pisotearon las plantitas. Fotografías B. Montoro feb.2011.	130
Figura 129	Reciente clausura e instalación de la vegetación en la zona	131
Figura 130	Fotomontaje de la Restauración del Bosque seco – simulación de los resultados esperados al 2012	131
Figura 131	Fotomontaje de la Restauración del Bosque seco – simulación de los	131

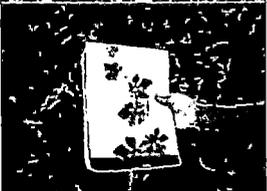
	resultados esperados al 2015	
Figuras 132 a 139	Crecimiento de la vegetación, Palo Santo, Buganvilla, Faique y Bellaquillo. Fotografías Ing. Mario Matorel, enero 2011	133
Figura 140	El actual alcalde de Las Lomas verificando el crecimiento de la vegetación instalada. Fotografía Ing. Gladys Monge mayo 2011	133
Figura 141	Vegetación creciendo sobre el área clausurada Fotografías Ing. Gladys Monge, mayo 2011	134
Figura 142	Utilización de Botellas recicladas como protección Fotografía Ing. Mario Matorel enero 2011	135

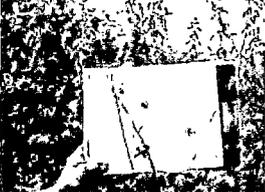
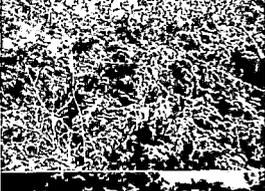
8.1.3. Índice de Tablas

Tabla N°	Descripción	Pg.
Tabla 1	Detalle del sellado del relleno sanitario	35
Tabla 2	Componentes cobertura final	35
Tabla 3	Resumen de las fases de fermentación	39
Tabla 4	Vegetación pionera empleada en remediación de Vertederos	51
Tabla 5	Necesidades de pH	53
Tabla 6	Débil Cobertura Vegetal en la Región Piura	68
Tabla 7	Familias vegetales en la Reserva Biosfera NorOeste del Perú	69
Tabla 8	Generación de Residuos Sólidos en el distrito Las Lomas	88
Tabla 9	Composición de los Residuos Sólidos en el distrito Las Lomas	88
Tabla 10	Materiales para la recuperación del paisaje del Botadero Municipal del distrito Las Lomas, Piura	112

8.2. APENDICES

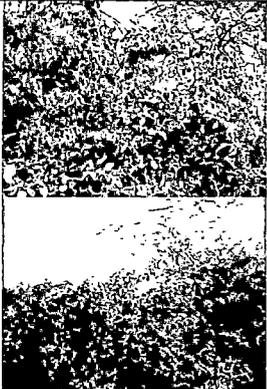
8.2.1. Apéndice 1 Registro de especies Herbáceas en el entorno del Botadero Municipal del distrito Las Lomas – Piura

HERBÁCEAS				
Registro Nº	Imagen	Nombre común (*)	Nombre botánico	Características observadas en el campo
3046		Rocoto de campo	<i>Solanum nemorense</i>	Hierba pequeña de hojas lanceoladas, bordes con hendiduras. Tallo hueco de color verde. Frutos como glóbulos (sépalos que cubren el fruto en sí que es una pequeña baya verde amarillo. Muy apetecible para el ganado.
3047		Abrojo	<i>Cenchrus pilosus</i>	Hierba de hojas pequeñas ovaladas. Tallo verde leñoso. Inflorescencia amarilla en racimos, que cuando maduran se ponen duras con espinas. Apetecible al ganado caprino cuando están verdes.
3048		Huevo de león		Enredadera muy agresiva, cubre árboles y arbustos. Tallo herbáceo espinoso, hojas acorazonadas ásperas tamaño mediano, con abundante espinas. Flor amarilla pequeña. Fruto baya color verde que al madurar se torna amarillo, cubierto con espinas de textura suave. Zarcillos caulinares muy notorios.
3049		Hierba Ramón		Tallo leñoso delgado. Hojas lanceoladas con bordes aserrados, de olor a "toronjil" cuando se las estruja. Flor racimo de color blanco. Palatable al ganado caprino.
3050		Chocllillo		Hierba pequeña de tallo verde cuadrado tubular y frágil. Hojas ovaladas largas semi aserradas, con pelusas. Flor morada en racimos
3051		Corre y vuela Balsamina	<i>Momordica charantia</i>	Herbácea anual trepadora Fam cucurbitaceas muy agresiva. Tallo frágil con pelusas. Hojas palmati compuestas. Es rastrera y trepadora a la vez. Zarcillo caulinar muy notorio.
3052-53		Paja	<i>Paspalum sp.</i>	Hierba gramínea típica de hojas lanceoladas. Verde en época de lluvias y seca totalmente en época de estío. Macollos ralos.

3058-59		Pata de gallo		Hierba pequeña típica representante de las Ciperáceas
3060		Manito de ratón	<i>Tiquila paronychiodes</i>	Hierba muy pequeña, rastrera que crece casi al ras del suelo. Flores amarillas pequeñas y hojas también muy pequeñas.
3066		Wichingue/ Amor seco	<i>Bidens pilosa</i>	Fam. Asteraceae, hierbas de tallo muy delgado. Flor en racimos con espinas muy diferenciadas y prominentes; cuando secas se toma negra y se pegan en la ropa. Es muy común en el valle en zonas con poca sombra.
3077		Camotillo	<i>Mikania micrantha</i>	Rastrera de hojas redondas de color verde claro. Crece principalmente en lugares de humedad dentro del bosque. Tallo frágil, delgado, con pelusas
3079		Bledo / Yuyo	<i>Amaranthus hybridus</i>	Hierba de tallo frágil de color rosado a rojo oscura, con espinas muy filudas. Flores en racimos alargados (como kiwicha). Hojas pequeñas.
3081 BM 118		Jabonillo	<i>Luffa operculata</i>	Enredadera trepadora, de tallo delgado con pelos punzantes. Frutos bayas huecas con espinas. Verdes en época de lluvias; secas en época de estío.
3380		Mosquera	<i>Croton colinus</i>	Hierba parecida a la "hierba ramón". Hojas más grandes sin olor.
3381		Cosa cosa		Nombre peculiar por ser una pequeña hierba, de hojas acorazonadas con bordes aserrados y flores muy pequeñas de color amarillo. Tallo frágil. La planta se seca en verano.
3393		Yuca de campo	<i>Aspodonthera biflora</i> <i>Porboscidea altheaefolia</i>	Familia Cucurbitácea. Rastrera de hojas redondas acorazonadas. Tallo frágil herbáceo con espinas y zarcillos pequeños.

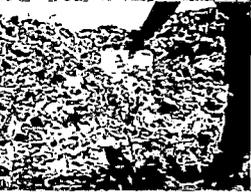
(*) Fotografías Ing Nelson Aguilar de PRISMA, información basada en datos proporcionados por pobladores y técnicos locales de Las Lomas. junio 2010
Fotografías con código BM Arq. Bárbara Montoro, trabajo de campo julio 2010

8.2.2. Apéndice 2 Registro de especies Arbustivas en el entorno del Botadero Municipal del distrito Las Lomas – Piura.

ARBUSTOS				
Registro N°	Imagen	Nombre común (*)	Nombre botánico	Características observadas en el campo
3061 BM 25 BM 84		Overo	<i>Cordia lutea</i>	Boraginaceae Arbusto muy frondoso en lluvias; se seca en verano. Abundante en el valle. Tallo leñoso de color marrón, grueso y arrugado, usado para cercos, leña. Hojas acorazonadas típicas. Flor amarilla abundante en las matas, usada como medicina. Las fotografías fueron tomadas en dos temporadas, la primera con abundante lluvia y las dos siguientes en pleno invierno
BM 132		Borrachera	<i>Ipomoea cunea</i>	Familia Convolvulaceae. Planta herbácea por la textura de su tallo y arbustiva por su tamaño. Tallo semi leñoso. Hojas grandes y pequeñas según la edad, acorazonadas. Flor en cartucho de color lila.
BM 109		Papelillo o Buganvilla	<i>Bougainvillea pachyphylla</i>	Planta rastrera, nativa del Perú, muy resistente a la falta de agua, tiene gran cantidad de púas en su tallo y flores muy vistosas.
3385-86		Tártago/ Higuerilla/ Ricino	<i>Ricinus communis</i>	Árbol de tallo semileñoso, con abundante resina de color blanco. Hojas grandes palmatinervias. Fruto en racimo con bayas de tamaño regular espinosas con abundante resina.

(*) Fotografías Ing Nelson Aguilar de PRISMA, información basada en datos proporcionados por pobladores y técnicos locales de Las Lomas. junio 2010
Fotografías con código BM Arq. Bárbara Montoro, trabajo de campo julio 2010

8.2.3. Apéndice 3 Registro de especies Arbóreas en el entorno del Botadero Municipal del distrito Las Lomas – Piura

ÁRBOLES				
Registro N°	Imagen	Nombre común (*)	Nombre botánico	Características observadas en el campo
BM 23 3073 3394		Algarrobo (al costado del botadero)	<i>Prosopis pallida.</i>	<i>Familia Fabaceae.</i> Árbol de tamaño grande de 10 a 12 m, medianamente frondoso, con abundantes espinas. Hojas compuestas con folíolos pequeños. Flor amarilla.
3395		Faique / Huaranguillo (en el botadero)	<i>Acacia horrida</i>	Ubicado dentro del botadero. Arbusto de tamaño mediano, con abundante espinas grandes y disuasivas tanto en el tallo como en las ramas. Flores en forma de copos con el polen expuesto. Hojas menudas.
BM		Faique	<i>Acacia macracantha</i>	Árbol de 8 a 10 m de altura, con gran cantidad de espinas, sirve de soporte a rastreras o enredaderas como el jabonillo.

(*) Fotografías Ing Nelson Aguilar de PRISMA, información basada en datos proporcionados por pobladores y técnicos locales de Las Lomas. junio 2010

Fotografías con código BM Arq. Bárbara Montoro, trabajo de campo julio 2010

8.2.4. Apéndice 4 Constancia de participación

**CONSTANCIA**

Quien suscribe:
Nathalie Calderón Agüero
Jefe de Recursos Humanos

Hace constar:

Que, la Asociación Benéfica Prisma, a través de la Oficina de Gestión Ambiental, colaborará en la realización de la Tesis de Maestría de la Sra. Bárbara Elizabeth Montoro Negrón, para obtener el grado de Magíster en Gestión Ambiental por la Universidad Nacional de Ingeniería. Para ello se brindarán las facilidades del caso para acceder a la información del proyecto "Implementación del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Municipalidad de Las Lomas" que viene siendo ejecutado por PRISMA en la provincia de Piura.

Se expide la presente a solicitud de la interesada para los fines que estime pertinente, sin perjuicio alguno de la institución.

Lima, 26 de Abril del 2010..



ORGANISMO NO GUBERNAMENTAL
Sede Central: Carlos Gonzáles N° 251 Urb. Maranga, Lima 32 - Perú
fax: (51)(1) 616 5501 • Apartado Postal 170070 • E-mail: postmastereprisma.org.pe • WEB: http://www.prisma.org.pe
Almacén Central: Av. Independencia N° 1637, El Agustino, Lima 10 - Perú • Telefax: (51)(1) 385 3050 (51)(1)385 3051 • E-mail:litc@prisma.org.pe

8.2.5. Apéndice 5 Prisma cambio de Plazo



Lima, agosto del 2010

Señora Arquitecta:

Bárbara Elizabeth Montoro Negrón

Ref.- Proyecto "Implementación del Sistema de Manejo Integral de residuos Sólidos Urbanos en la Municipalidad de Las Lomas" Piura

De mi consideración:

Por medio de la presente me dirijo a usted para saludarla y comunicarle que en el marco del proyecto de la referencia y de la colaboración que viene realizando la Asociación Benéfica PRISMA en el desarrollo de su Tesis de Grado de Magíster a fin de que realice las experiencias necesarias a su investigación sobre el botadero del distrito de Las Lomas, debemos informarle que por causas ajenas a nuestra voluntad las fechas programadas para el cierre del mencionado botadero, a ser realizadas a mediados del mes de julio, se han reprogramado para fines de setiembre del presente. Hago de su conocimiento esta eventualidad para que tome las acciones del caso y pueda modificar el cronograma anteriormente convenido para su viaje a Las Lomas.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente;

Ing. Carlos Gabriel Aguilar Villos
JEFE DE OFICINA DE GESTIÓN AMBIENTAL
ASOCIACIÓN BENÉFICA PRISMA

ORGANISMO NO GUBERNAMENTAL DE DESARROLLO

Sede Central: Carlos Gonzáles N° 251 Urb. Marañón, Lima 32 - Perú • Teléfonos, (51)11 616 5500
Fax: (51)11 616 5501 • Apartado Postal 170070 • E-mail: postmaster@prisma.org.pe • WEB: <http://www.prisma.org.pe>
Almacén Central: Av. Independencia N° 1837, El Agustino, Lima 10 - Perú • Telefax, (51)11 385 3050 (51)11 385 3051 • E-mail: litejada@prisma.org.pe

8.3. ANEXOS

8.3.1. Anexo 1. Catastro DIGESA para Provincias de Lima, Huarochiri y Huaral
Huaral

BOTADEROS EXISTENTES EN LAS PROVINCIAS DE LIMA, CALLAO, CAÑETE, HUAROCHIRI Y HUARA

Nº	Denominación del IDF-RS	Ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Región	Entidad responsable de su administración y uso	Distancia aproximada del Centro Poblado más cercano (km)	Volumen de Residuos (T/día)	Tiempo de funcionamiento (años)	Área aproximada del IDF-RS (Ha)	Usuarios (Municipalidades) otros	Cuenta con Autorización de funcionamiento de la Municipalidad Provincial
1	Botadero Controlado "Modelo Ex La Cucaracha"	Quebrada La Cucaracha, altura del km 19 carretera a Ventanilla	AAHH 18 de Octubre, costado del parque poncho	Callao	Callao	Callao	Petramas S.A.C	0.2	680	12	55.60	Municipalidad Distrital del Callao, Municipalidad distrital de Ventanilla, Municipalidad distrital de San Martín, Municipalidad distrital de la Perla, Empresa Prisma, San Jorge	0893-2004
2	Botadero	Playa Oquendo, altura de la Av Nestor Gambela Km 14		Callao	Callao	Callao							NO
3	Botadero	Playa Oquendo, altura de la Av Nestor Gambela Km 14		Callao	Callao	Callao							NO
4	Botadero	Av. Nestor Gambela, altura UNIMAR		Callao	Callao	Callao							NO
7	Cerro Cortado	Altura del Km. 104 Panamericana Sur	Cerro Cortado	Asia	Cañete	Lima	Alejandrina Ponce Campos				0.50	Municipalidad de Asilo	NO
8	Pampa Calicentro	Quebrada de Iwencal	Pampa calicentro	Asia	Cañete	Lima	Municipalidad de Mala				1.14	Municipalidad de Mala	NO
9	Calango	Costado del Cementerio de Calango	Calango	Cañete	Cañete	Lima	Municipalidad de Calango	200		8 meses	0.10	Municipalidad de Calango	NO
10	Botadero Municipal Cerro Azul	Altura de la Av. Panamericana Sur Km 121, Playe Puerto Fiel	Pampa Cerro Azul	Cañete	Cañete	Lima	Municipalidad de Cerro Azul	5		1	0.20	Municipalidad de Cerro Azul	NO
11	Chilca	Altura del Km.73 de la Carretera Panamericana Sur	Chilca	Chilca	Cañete	Lima	Municipalidad de Chilca	250			11.40	Chilca	NO
12	Botadero Cerro Candela	Altura de la Carretera Imperial -Quilmaná	Cerro Candela	Imperial	Cañete	Lima	Municipalidad de Nuevo Imperial	2km		8	4.00	Municipalidad de Imperial	NO
13	Botadero Municipal Nuevo Imperial	Carretera camino a Lunahuana altura del peaje	El desierto	Nuevo Imperial	Cañete	Lima	Municipalidad Nuevo Imperial	0.1			8.00	Municipalidad Nuevo Imperial	NO
14	Botadero Quilmana	Altura del AAHH Jerusalén	Pampas de AAHH Jerusalén	Quilmana	Cañete	Lima	Municipalidad de Quilmana	1.5		3	0.70		
15	Botadero Municipal San Antonio	Carretera Panamericana Antigua Sur Km 84	San Antonio	San Antonio	Cañete	Lima	Municipalidad de San Antonio	0.5		40	0.90	Municipalidad distrital de San Antonio	NO
16	Botadero Pampa Cañete-Melchorita	Carretera Panamericana Sur Km 154	Pampa Cañete	San Vicente	Cañete	Lima	Municipalidad de San Vicente de Cañete				138.00	Municipalidad de San Vicente de Cañete	NO
17	Santa Cruz de Flores	Costado de la trocha ubicada camino a la localidad de Nuevo Santa Cruz de Flores	Nuevo Santa Cruz de Flores	Santa Cruz de Flores	Cañete	Lima	Municipalidad de Santa Cruz de Flores	500			0.07	Santa Cruz de Flores	NO
18	Botadero de Hueschupampa	Espalda del Canal Municipal	Hueschupampa	Hueschupampa	Huarochiri	Lima	Municipalidad de Hueschupampa	0.2				Municipalidad de Hueschupampa	NO
19	Botadero habich	Alt. Puente Habich, Km 70 Carretera Central	AAHH Eduardo de Habich	Matucaña	Huarochiri	Lima	Municipalidad Provincial de Huarochiri	0.1	1.7	10	0.40	Municipalidad provincial de Huarochiri y Municipalidad de san Jeronimo de Surco	NO
20	Botadero La Vizzachera	Comunidad La Vizzachera. Frente a la Mz. S	Comunidad La Vizzachera	San Antonio de Choclla	Huarochiri	Lima	Comunidad Campesina Anexo II	0.02	55	15	1.17		NO
21	Botadero San Mateo	Alt. Km 9,2 Carretera Central	Ayer Bajo	San Mateo	Huarochiri	Lima	Municipalidad de San Mateo		0.9		0.30		
22	Botadero San Pedro de Cesta	Entrada a la localidad San Pedro de Cesta	San Pedro de Cesta	San Pedro de Cesta	Huarochiri	Lima	Municipalidad San Pedro de Cesta	0.2				Municipalidad de San Pedro de Cesta	NO
23	Botadero Cashahuera	Altura del Cementerio de Santa Eulalia	Cashahuera	Santa Eulalia	Huarochiri	Lima	Municipalidad de Santa Eulalia	1 km	22	4	0.20	Municipalidad de Santa Eulalia y Ricardo Palma	NO
24	Botadero San Benito 1	Alt. Carretera Lima-Cieneguilla. Km 12,5, entrada Quebrada San Benito	Comunidad Campesina de Colmayen	Cieneguilla	Lima	Lima	Sra Elena Anaya	2		6	0.64	San Miguel	NO
25	Botadero San Benito 2	Alt. Carretera Lima-Cieneguilla. Km 12,5, entrada Quebrada San Benito	Comunidad Campesina de Colmayen	Cieneguilla	Lima	Lima	Fam. Huacupillas	1.5		10	0.25	distrito de Breña	NO
26	Botadero Media Luna	Comunidad Campesina de Jicamarca	Media Luna	Lurigancho	Lima	Lima	Particular	1	55	5	1.15	Policia del Fumec	NO
27	Botadero Chuquitanta	Av. Panamericana Norte, Altura de la Entrada Urb. San Diego	AAHH Chuquitanta	San Martín de Porres	Lima	Lima	Sr. Mario Verastegui	0.5			1.30	Particulares (Independencia, Breña)	NO
28	Botadero	Zona Agropecuaria SN	Zona Agropecuaria	Villa El Salvador	Lima	Lima	Particular	0.6		5	2.20		NO
Área Total Degradada											228.22		

Utilización de especies nativas del bosque seco para la recuperación del paisaje en el proceso de cierre del botadero a cielo abierto del distrito Las Lomas – Puente

8.3.2. Anexo 2. Ordenanza Municipal N° 00015-2008-MDLL 09 setiembre
2008 pg.1



MUNICIPALIDAD DISTRITAL
DE LAS LOMAS - PIURA

"Año de las Cumbres Mundiales en el Perú"

ORDENANZA MUNICIPAL No 0015 -2008 -MDLL

Las Lomas, 09 de setiembre de 2008

EL ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LAS LOMAS

POR CUANTO

El Concejo Distrital de Las Lomas en Sesión Ordinaria de fecha 14 de febrero del 2008 y;

CONSIDERANDO

Que, la actual Constitución Política del Estado reformada por la Ley N 28607, en su artículo 194, establece que las Municipalidades son los órganos de Gobierno local con autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia;

Que, en consecuencia con la autonomía política que gozan las Municipalidades, el mismo artículo constitucional, ha otorgado expresamente al Concejo función normativa en los asuntos de su competencia;

Que, el Concejo Municipal cumple su función normativa, entre otros mecanismos, a través de las Ordenanzas que son dispositivos municipales con rango de Ley, conforme a lo establecido en el inciso 4) del artículo 200 de la Constitución; Política del Estado;

Que, la Ley Orgánica de Municipalidades N 27972, en su artículo 80 numeral 3) señala como Funciones Específicas Exclusivas de las Municipalidades Distritales, el de proveer el servicio de limpieza pública, determinando áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y el aprovechamiento industrial de desperdicios, regular y controlar el aseo, higiene y salubridad en los establecimientos comerciales, industriales, viviendas, escuelas, piscinas, playas y otros lugares públicos;

Que, en la jurisdicción del distrito de Las Lomas, se ha podido detectar que existen vecinos que irresponsablemente arrojan residuos, basura y desmontes de las construcciones en la vía pública, así como en las cunetas de las vías urbanas y en terrenos desocupados;

Que, estos actos negativos realizados por vecinos irresponsables, atentan contra el ornato de la ciudad, y la salud de las personas y a su derecho irrenunciable a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y, asimismo a la preservación del paisaje y la naturaleza;

Que, ante esta situación, es necesario adoptar las medidas correctivas correspondientes, con el propósito de preservar el medio ambiente y la salud de la población en general;

Con el voto unánime de los señores Regidores, el Concejo por unanimidad acordó la siguiente:

ORDENANZA:

Artículo 1.- Prohibir terminantemente a los vecinos del Distrito de Las Lomas, el arrojamiento de desperdicios, basura, desmontes de construcciones y otros residuos orgánicos e inorgánicos, dentro del área urbana del distrito y lugares adyacentes a ésta como: canales de riego, ríos y otros que atenten contra la salud de las personas, el medio ambiente y el ornato de la ciudad, debiendo evacuar los desechos orgánicos a los micro rellenos sanitarios y/o lugares destinados para tal fin.

8.3.3. Anexo 3. Ordenanza Municipal N° 00015-2008-MDLL 09 setiembre
2008 pg. 2



**MUNICIPALIDAD DISTRITAL
DE LAS LOMAS - PIURA**

Ordenanza Municipal No 0014-2008-MDLL PÁG. 02

Artículo 2.- Prohibir terminantemente a los vecinos del Distrito, miccionar en la vía pública, realizar sus necesidades fisiológicas en la vía pública y cualquier otro acto reñido contra la moral y buenas costumbres.



Artículo 3- Prohibir terminantemente amarrar bestias de carga, y animales domésticos en general en la vía pública, otorgándose un plazo de 48 horas contados a partir de la publicación de la presente Ordenanza para que sus propietarios los erradiquen a otros lugares, despejando la vía pública.

Artículo 4.- Prohibir terminantemente el lavado de camiones, automóviles, camionetas, moto taxis y otros vehículos motorizados en el río o canales por la contaminación que origina a las aguas de igual manera en la zona urbana del distrito, excepto en los lugares expresamente autorizados por esta Municipalidad.

Artículo 5.- Exhortar a los vecinos del Distrito mantener limpias las vías públicas y denunciar ante esta Municipalidad a las personas que incumplan lo dispuesto en la presente ordenanza.



Artículo 6.- Las personas naturales o jurídicas infractoras a lo dispuesto en la presente Ordenanza se harán acreedoras a las siguientes sanciones:

- | | |
|---|------------------------------------|
| a.- Por arrojar desperdicios y basura en la vía pública | 10 % UIT |
| b.- Por miccionar y/o realizar necesidades fisiológicas en la vía pública | 2 % UIT |
| c.- Por amarrar bestias de carga y animales domésticos en
La vía pública | 2 % UIT |
| d.- Por destruir las áreas verdes | 10 % UIT |
| e.- Primera reincidencia en las infracciones | doble multa impuesta originalmente |
| f.- Segunda reincidencia | denuncia penal |

Artículo 7.-Solicitar a las Fuerzas Policiales el apoyo necesario para el cabal cumplimiento de los dispuesto en la presente Ordenanza de conformidad con lo prescrito en el artículo 123 de la Ley 27972, así como disponer que la Policía Municipal y Serenazgo de la Municipalidad Distrital de Las Lomas, coadyuven decididamente con el cumplimiento de la presente Ordenanza.

Artículo 8.- Encargar al Jefe de la División de Servicios Comunales y Presidente de la Comisión de Salud y Saneamiento Ambiental: el cumplimiento de lo dispuesto en la presente Ordenanza

POR TANTO:

Mando se registre, publique y cumpla

Municipalidad Distrital de Las Lomas
Dr. Cristóbal E. Vences Vegas
Alcalde

8.3.4. Anexo 4 Estudio Geotécnico y de Mecánica de Suelos para Clausura del Botadero.

ESTUDIO GEOTECNICO Y DE MECANICA DE SUELOS PARA CLAUSURA DEL BOTADERO MUNICIPAL EN EL DISTRITO DE LAS LOMAS - PIURA

PIURA, MAYO DEL 2010

ESTUDIO GEOTECNICO Y DE MECANICA DE SUELOS PARA CLAUSURA DEL BOTADERO MUNICIPAL EN EL DISTRITO DE LAS LOMAS

CONTENIDO

RESUMEN

CAPITULO I.- INTRODUCCION

- 1.1.- UBICACIÓN Y ACCESO.
- 1.2.- OBJETIVOS
- 1.3.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

CAPITULO II.- GEOLOGIA

- 2.1.- ESTRATIGRAFÍA
 - 2.1.2.- Depósitos Aluviales - Depósitos Eluviales
- 2.2.- ESTRUCTURAS PRINCIPALES
- 2.3.- FENÓMENOS DE GEODINAMICA INTERNA
 - 2.3.1.- Sismicidad
 - 2.3.2.- Parámetros para Diseño Sismo – Resistente
 - 2.3.3.- Análisis de Licuación de Arenas.
- 2.4.- GEODINÁMICA EXTERNA

CAPITULO III.- INVESTIGACIONES EFECTUADAS

- 3.1.- TRABAJO DE CAMPO
 - 3.1.1.- Muestreo de Suelos Alterados e Inalterados
 - 3.1.2.- Descripción de Calicatas
- 3.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO
 - 3.2.1.- Contenido de Humedad Natural
 - 3.2.2.- Peso Específico
 - 3.2.3.- Análisis Granulométrico por Tamizado
 - 3.2.4.- Límites de Atterberg
 - 3.2.5.- Agresión del Suelo al Concreto
 - 3.2.6.- Densidad Máxima y Humedad Óptima

CAPITULO IV : ANALISIS DE LA CIMENTACION DE LAS OBRAS.

- 4.1.- PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LOS SUELOS.
- 4.2.- CLASIFICACION DE SUELOS.
- 4.3.- CONDICIONES GEOTECNICAS.
 - 4.3.1.- Descripción de los Tipos de suelos
 - 4.3.2.- Análisis Químicos por Agresividad del Suelo al Concreto
 - 4.3.3.- Estabilidad del talud natural y de corte
 - 4.3.4.- Usos del material procedente de las excavaciones
 - 4.3.5.- Impermeabilidad de la cimentación
- 4.4.- CAPACIDAD PORTANTE Y CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA DEL TERRENO

CAPITULO V.- ANALISIS GEOAMBIENTAL

- 5.1.- PLAN DE MITIGACION Y MANEJO AMBIENTAL
- 5.2.- MEDIDAS DE PLANIFICACION Y DISEÑO
- 5.3.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN CORRECCION Y CONTROL
- 5.4.- MEDIDAS PARA EVITAR LA CONTAMINACION DE SUELOS POR DERRAMES DE COMBUSTIBLES, LUBRICANTES Y OTROS
- 5.5.- MEDIDAS PARA EVITAR UNA INCORRECTA DISPOSICION DE DESECHOS
- 5.6.- MEDIDAS PARA DISMINUIR EL IMPACTO AL MEDIO BIOTICO
- 5.7.- MEDIDAS PARA MITIGAR LA CONTAMINACION SONORA
- 5.8.- PROGRAMA DE CONTROL
- 5.9.- PLANES DE CONTINGENCIA Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA
- 5.10.- PLAN DE MANEJO Y DISPOSICION DE DESECHOS EN GENERAL
- 5.11.- PLAN DE ABANDONO
- 5.12.- PLAN DE MONITOREO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

- Ensayos de Laboratorio.
- Testimonio Fotográfico.
- Planos.

RESUMEN

El presente estudio se ha realizado a solicitud de la **ONG ASOCIACION BENEFICA PRISMA**, con la finalidad de evaluar las condiciones Geológicas, Geotécnicas y de Cimentación del área en la que se ha proyectado la Clausura por enterramiento del Botadero Municipal del Distrito de Las Lomas – Piura, con la finalidad de construir un Parque Recreacional, el cual contribuiría a la aplicación de un Plan Integral de Gestión Ambiental y Manejo de los Residuos Sólidos del Distrito de Las Lomas del Departamento de Piura.

Incluye además la evaluación de canteras de arcillas para el enterramiento del sector del Botadero Municipal de Las Lomas.

Se realizaron estudios del comportamiento del suelo y sub - suelo, con el objeto de definir la profundidad de cimentación, la capacidad portante y admisible, determinación de los parámetros físico - mecánicos del terreno de fundación, incluyendo el grado de permeabilidad de los suelos, en el ser sector donde se proyecta construir un Parque Recreacional, para lo cual fue necesario el reconocimiento del terreno para programar y excavar calicatas a cielo abierto y con Posteadora, para una investigación a mayor profundidad.

Se realizaron 02 excavaciones de calicatas, hasta la profundidad de 1.50m, con el fin de evaluar el estado actual del terreno del Botadero Municipal, no observándose nivel freático.

Adicionalmente se realizó la exploración de las canteras de arcillas de Pampa Elera – Las Peñitas y material de Afirmado de la cantera Jahuay de Pavas (Hormigón) y cascajo del Cerro La Cruz – Las Lomas.

Se realizaron, exploraciones geológicas superficiales, con el objeto de estudiar las propiedades físico - mecánicas, el grado de meteorización y los fenómenos geológicos del área de influencia.

Previamente a las labores, deberán ser compactados los materiales del tipo desmonte y desechos sólidos y posteriormente realizar el enterramiento con materiales arcillosos impermeables.

El contenido de sales solubles, Cloruros y sulfatos en el sector del relleno sanitario son de valores bajos a medios, por lo que para el diseño del concreto de obras se debe utilizar cemento Portland Tipo I.

Geomorfológicamente el área de estudio esta representado en general por un relieve relativamente moderado con zonas de depresión por donde drenan las aguas pluviales en épocas de grandes precipitaciones pluviales y en algunos sectores son inundadas, por lo que se recomienda durante la rehabilitación tomar las consideraciones del caso.

Desde el punto de vista Neotectónico, la zona de estudio no presenta diaclasas, ni fallas de distensión, por lo que no hay evidencias de deformación neotectónica tal como se pudo apreciar en las calicatas que se excavaron para el presente estudio.

De acuerdo a las precipitaciones pluviales, medias anuales y extraordinarias, grado de permeabilidad de los suelos y erosión de los mismos se pudo determinar que la zona de estudio inundable, con zonas de elevación y depresivas, en donde las aguas pluviales se acumulan, por lo que se recomienda considerar el drenaje para evitar la desestabilización del área donde se realizara el enterramiento del sector del Botadero Municipal y la futura construcción del Parque Recreacional.

CAPITULO I.- INTRODUCCION

1.1.- UBICACIÓN Y ACCESO.

El área de estudio comprende el La Evaluación del **BOTADERO MUNICIPAL** para su enterramiento o clausura y posterior construcción de un Parque Recreacional en el Distrito de las Lomas, solicitado por la **ONG ASOCIACION BENEFICA PRISMA**.

El acceso a la zona de estudio se realiza desde Piura, por la carretera asfaltada Piura - Sullana - Tambogrande - Las Lomas, luego hasta el sector oeste del Estadio Municipal de Las Lomas (01 Km.), lugar donde se ubica el Botadero Municipal de Las Lomas, materia del presente estudio.

1.2.- OBJETIVOS.

El objetivo es determinar las propiedades físico - mecánicas de los suelos con el fin de evaluar las condiciones del Botadero Municipal de Las Lomas y verificar la capacidad portante y admisible del terreno, con el fin de construir un Parque Recreacional.

1.3.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Para la realización del presente trabajo, se ha seguido la siguiente secuencia de actividades:

Reconocimiento del terreno en el sector del **Botadero Municipal de Las Lomas** donde se realizará la clausura del mismo por enterramiento y la posterior construcción del Parque Recreacional.

a) Recopilación de la información existente de la zona, tanto desde el punto de vista regional y local; a través de estudios realizados a entidades estatales y privadas (INGEMMET y otros).

- b) Ejecución de trabajos de campo, consistente en el muestreo de suelos inalterados a la profundidad de cimentación del futuro Parque Recreacional y descripción del perfil estratigráfico correspondiente.
- c) Mapeo superficial del área de influencia del proyecto con fines de establecer las diferentes unidades estratigráficas a través de las cuales se proyectará la infraestructura y ubicación de las principales áreas críticas, desde el punto de vista de la seguridad física de la misma.
- d) Análisis de laboratorio y cálculos respectivos.
- e) Análisis de la Capacidad Portante del Terreno donde se construirá el Parque Recreacional.
- f) Elaboración del informe final, conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO II.- GEOLOGIA.

2.1.- ESTRATIGRAFÍA.

2.1.2.- Depósitos Aluviales - Depósitos Eluviales.

Estos depósitos aluviales se encuentran formando acumulaciones de arenas arcillosas SC y arcillas arenosas de mediana plasticidad CL, de mediana compacidad, con humedad debido a las filtraciones.

El área de estudio se caracteriza por presentar en el fondo de la cimentación arenas arcillosas SC de baja a mediana plasticidad, producto de alteración de rocas graníticas que son de mayor resistencia a mayor profundidad.

2.2.- ESTRUCTURAS PRINCIPALES.

Las estructuras desarrolladas en el Nor-Oeste del Perú, especialmente aquellas que se encuentran cerca a la zona de estudio están representados por la Unidad Granodiorita y Granitos Las Lomas y la cuenca limitada al este por las estribaciones occidentales de la cordillera occidental.

Las deformaciones sufridas en la zona estructural del Nor-Oeste han sido intensas, habiéndose iniciado desde el Paleozoico, complicando el basamento las tectónicas posteriores.

2.3.- FENÓMENOS DE GEODINAMICA INTERNA.

2.3.1.- Sismicidad.

El sector del Nor-Oeste de Perú se caracteriza por su actividad Neotectónica muy tenue, particularidad de la conformación geológica de la zona; sin embargo, los Tablazos marinos demuestran considerables movimientos radiales durante el Pleistoceno, donde cada tablazo está íntimamente relacionado a levantamientos de líneas litorales, proceso que aún continúa en la actualidad por emergencia de costas.

Debido a la confluencia de las placas tectónicas de Cocos y Nazca, ambas que ejercen un empuje hacia el Continente, a la presencia de las Dorsales de Grijalvo y Sarmiento, a la presencia de la Falla activa de Huaypirá se pueden producir sismos de gran magnitud como se observa en el siguiente cuadro:

Sismos Históricos (MR .> 7.2) de la región

Fecha	Magnitud Escala Richter	Hora Local	Lugar y Consecuencias
Jul. 09 1587	- - -	19:30	Sechura destruida, número de muertos no determinado
Feb. 01 1645	- - -	- - -	Daños moderados en Piura
Ago. 20 1657	- - -	- - -	Fuertes daños en Tumbes y Corrales

Jul. 24 1912	7,6		Parte de Piura destruido
Dic. 17 1963	7,7	12:31	Fuertes daños en Tumbes y Corrales
Dic. 07 1964	7,2	04:36	Algunos daños importantes en Piura, daños en Talara y Tumbes
Dic. 09 1970	7,6	23:34	Daños en Tumbes, Zorritos, Máncora y Talara.

Las limitaciones impuestas por la escasez de información sísmica en un periodo estadísticamente representativo, restringe el uso del método probabilístico y la escasez de datos tectónicos restringe el uso del método determinístico, no obstante un cálculo basado en la aplicación de tales métodos, pero sin perder de vista las limitaciones citadas, aporta criterios suficientes para llegar a una evaluación previa del riesgo sísmico en el Norte del Perú, J. F. Moreano S. (trabajo de investigación docente UNP, 1994) establece la siguiente ecuación mediante la aplicación del método de los mínimos cuadrados y la ley de recurrencia : $\log n = 2.08472 - 0.51704 +/ - 0.15432 M$. Una aproximación de la probabilidad de ocurrencia y el periodo medio de retorno para sismos de magnitudes de 7.0 y 7.5 Mb. se puede observar en el siguiente cuadro:

Magnitud Mb	Probabilidad de Ocurrencia			Periodo medio de retorno (años)
	20 (años)	30 (años)	40 (años)	
7.0	38.7	52.1	62.5	40.8
7.5	23.9	33.3	41.8	73.9

2.3.2.- Parámetros para Diseño Sismo – Resistente.

De acuerdo al Mapa de Zonificación sísmica para el territorio Peruano (Normas Técnicas de edificaciones E.030 para Diseño Sismorresistente), el área de estudio se ubica en la zona 03, cuyas características principales son:

1. Sismos de Magnitud VII MM

2. Hipocentros de profundidad intermedia y de intensidad entre VIII y IX.
3. El mayor Peligro Sísmico de la Región está representado por 4 tipos de efectos, siguiendo el posible orden (Kusin, 1978):

- Temblores Superficiales debajo del océano Pacífico.
- Terremotos profundos con hipocentro debajo del Continente.
- Terremotos superficiales locales relacionados con la fractura del plano oriental de la cordillera de los Andes occidentales.
- Terremotos superficiales locales, relacionados con la Deflexión de Huancabamba y huayra de actividad Neotectónica.

De la Norma Técnica de edificaciones E.030 para Diseño Sismorresistente se obtuvieron los parámetros del suelo en la zona de estudio:

Factores	Valores
Parámetros de zona	Zona 3
Factor de zona	Z (g) = 0.4
suelo Tipo	S – 3
amplificación del suelo	S = 1.4
periodo predominante de vibración	Tp = 0.9 seg
Sísmico	C = 0.60
Uso	U = 1.00

El factor de reducción por ductilidad y amortiguamiento depende de las características del **BOTADERO MUNICIPAL** y futuro Parque Recreacional.

2.3.3.- Análisis de Licuación de Arenas.

En suelos granulares, particularmente arenosos las vibraciones sísmicas pueden manifestarse mediante un fenómeno denominado licuefacción, el cual consiste en la pérdida momentánea de la resistencia al corte de los suelos granulares, como consecuencia de la presión de poros que se genera en el agua contenida en ellos originada por una vibración violenta. Esta pérdida de resistencia del suelo se manifiesta en grandes asentamientos que ocurren durante el sismo ó inmediatamente después de éste. Sin embargo, para que un suelo granular, en

presencia de un sismo, sea susceptible a licuar debe presentar simultáneamente las características siguientes (Seed and Idriss):

- ✓ Debe estar constituido por arena fina a arena fina limosa.
- ✓ Debe encontrarse sumergida (napa freática).
- ✓ Su densidad relativa debe ser baja.

Se puede afirmar que el terreno de fundación son arcillas y arenas arcillosas, de mediana a alta plasticidad, no se ha evidenciado la presencia de la napa freática, así mismo el material encontrado nos permite considerar como terrenos de buena estabilidad, por lo que no es probable que ocurran fenómenos de licuación de arenas ante un sismo de gran magnitud.

2.4.- GEODINÁMICA EXTERNA.

Los procesos de geodinámica externa, que afectan la zona de estudio están relacionados con el fenómeno de "El Niño" (1,925-1,998), los sismos (1,953-1,970) y debido a la topografía del terreno plano, tipo de suelos, la vulnerabilidad en la zona de estudio, específicamente, se estima de valor medio.

Por otro lado, por el tipo de suelo predominante, en épocas de avenidas, la velocidad de erosión aumenta pero considerando que el agua es drenada a través de una pequeña quebrada, pone en bajo riesgo la integridad, para lo cual es necesario tomar las precauciones del caso.

CAPITULO III.- INVESTIGACIONES EFECTUADAS.

3.1.- TRABAJO DE CAMPO.

Con el objeto de ubicar los puntos de excavación de las calicatas, se realizó un reconocimiento del terreno; determinándose la excavación de 02 calicatas, hasta la profundidad de 1.50m, ubicadas en el área de estudio

CUADRO N° 01 - EXCAVACION DE CALICATAS EN ZONA DE BOTADERO MUNICIPAL

N°	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	NIVEL
----	-------------	-------------	-------

URBANIZACION BELLO HORIZONTE MZ. E-3 L-17 II ETAPA – PIURA
Teléfono: 351045 Celular: 96-9935233 – Piura

CALICATA	CIELO ABIERTO m.	FINAL CON POSTEADORA TOTAL m.	FREATICO
BOTADERO			
C - 1	1.50	1.50	No
C - 2	1.50	1.50	No

NOTA: Hasta la profundidad excavada no se ha evidenciado nivel freático

3.1.1.- Muestreo de Suelos Alterados e Inalterados.

En los Sondajes realizados se tomaron muestras de los horizontes estratigráficos y su correspondiente descripción. Así mismo se procedió a la obtención de muestras disturbadas para los ensayos granulométricos, peso específico, proctor standard y/o modificado y toma de muestras de suelos inalterados constituidos por monolitos que permitieron obtener los parámetros mediante ensayos de corte directo, asentamiento diferencial, etc. Posteriormente se realizó la descripción litológica de los diferentes horizontes.

3.1.2.- Descripción de Calicatas.

Con la información obtenida mediante los análisis granulométricos, los límites de Atterberg y observando los perfiles estratigráficos de campo de las 02 calicatas, excavadas hasta 1.50m., obteniéndose la siguiente descripción.

CALICATA C - 1

0.00 - 1.20m

Desechos Sólidos.

1.20 - 1.50 m

Granito alterado (tipo cascajo) conformado por arenas arcillosas (SC) color gris claro, medianamente compacto, bajo contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

• CALICATA C - 2

0.00 - 1.20m

Desechos Sólidos

URBANIZACION BELLO HORIZONTE MZ. E-3 L-17 II ETAPA – PIURA
Teléfono: 351045 Celular: 96-9935233 – Piura

1.20 - 1.50 m

Granito alterado (tipo cascajo) conformado por arenas arcillosas (SC) color gris claro, medianamente compacto, bajo contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

Nota: no se evidencio la presencia de napa freática.

3.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO.

La toma de muestras disturbadas se realizó para cada horizonte, para ensayos de humedad natural, granulometría, límites de Atterberg, peso específico, hinchamiento y contracción de suelos proctor modificado, análisis químico por agresividad y ensayos de permeabilidad.

Con los análisis granulométricos y límites de Atterberg, así como por observaciones de campo se han obtenido los perfiles estratigráficos que acompañan el presente informe.

3.2.1.- Contenido de Humedad Natural.-

De acuerdo a los ensayos realizados, se han podido establecer rangos de humedad natural de acuerdo a los tipos de suelos y su relación con la presencia o ausencia de la napa freática; habiéndose determinado bajos contenidos de humedad (6.49 – 9.87%) en el sector de influencia del Botadero (ver resultados en formatos).

3.2.2.- Peso Específico.-

La mayoría de suelos ensayados, muestran valores muy disimiles, dependiendo del tipo, composición mineralógica y grado de compacidad; siendo estos para las arenas de grano fino 2.61 - 2.64cc/gr., ubicados en el sector del relleno sanitario.

3.2.3.- Análisis Granulométrico por Tamizado.-

Este ensayo realizado utilizando mallas de acuerdo a las normas ASTM, mediante lavado o en seco, que permitió la clasificación de los suelos de tipo granito alterado conformado por arenas arcillosas "SC" (ver resultados en formatos).

3.2.4.- Límites de Atterberg.-

De acuerdo a lo anteriormente expuesto respecto a los tipos de suelos predominantes, este ensayo se realizó en suelos compuestos por granito alterado conformado por arenas arcillosas y los resultados son como siguen: (ver resultados en formatos).

CALICATA / MUESTRA	C-1/M-2	C-2/M-2
% Límite Líquido	29.60	30.80
% límite plástico	24.31	24.29
% Índice de Plasticidad	5.29	6.51

3.2.5.- Agresión del Suelo al Concreto.-

Las muestras alteradas a la profundidad de cimentación en la zona de obras y de las canteras de arcillas que servirán como material impermeabilizante para las 08 trincheras proyectadas, han sido enviadas al laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Piura, la que alcanza los resultados de cloruros, sales solubles, sulfatos y carbonatos.

3.2.6.- Densidad Máxima y Humedad Óptima.-

Estas propiedades de los suelos naturales se han obtenido mediante el método de Compactación Proctor Modificado y los resultados muestran valores diferentes en función a la naturaleza homogénea del suelo (ver resultados en formatos).

MUESTRA	DENSIDAD MÁXIMA	HUMEDAD ÓPTIMA
C-1/M-2	1.76 gr/cm ³	10.58 %
C-2/M-2	1.74 gr/cm ³	10.01 %

3.2.7.- Ensayos de Corte Directo.-

Con la finalidad de obtener los parámetros del ángulo de rozamiento interno (ϕ) y la cohesión (C) de los materiales se programaron ensayos de corte, en muestras inalteradas en los suelos del tipo granito alterado, de mediana compacidad, ubicados en diferentes sectores del área del terreno, en los intervalos de 1.00 m. a 2.00m. de

profundidad, considerando el tipo de suelo predominante; ensayándose en estado natural.

RESISTENCIA AL CORTE DIRECTO DE SUELOS

MUESTRA	PROFUNDIDAD	ANGULO DE	PESO	HUMEDAD
	ROZAMIENTO	VOLUMETRICO		(m)
		INTERNO		gr/cm ³
C-1 Y C-2	1.00 - 2.00	30°	1.70	8.18%

CAPITULO IV.- ANALISIS DE LA CIMENTACION DE LAS OBRAS.

4.1.- PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LOS SUELOS.

Las características físicas y mecánicas de los suelos que se han identificado en la zona de estudio, están relacionados con los parámetros del ángulo de fricción interna, la cohesión, densidad natural, coeficientes de permeabilidad de los suelos arenosos, índices de plasticidad, grado de compacidad relativa, tipos de suelos, peso específico, humedad natural, asentamientos relativos de suelos sueltos y de baja a mediana compacidad y otras características que han permitido zonificar los diferentes tipos de suelos. Los resultados determinados mediante ensayos de laboratorio y de acuerdo a las normas técnicas establecidas, se dan en el cuadro de propiedades de los suelos en el presente estudio.

4.2.- CLASIFICACION DE SUELOS.

En la zona de estudio se han encontrado suelos de origen aluvial, que mediante los análisis de Granulometría por tamizado y los índices de plasticidad han sido clasificados como: arenas arcillosas SC, que han sido descritas en los perfiles estratigráficos que se acompañan al presente estudio.

4.3.- CONDICIONES GEOTECNICAS.

4.3.1.- Descripción de los Tipos de suelos.

a) Suelos arenas Arcillosas SC

Estos suelos generalmente se encuentran en la parte superior conformando en la parte inferior de los desechos sólidos, con granulometría variable desde grano fino a medio, de mediana plasticidad y compacidad media.

4.3.2.- Análisis Químicos por Agresividad del Suelo al Concreto.

Los valores bajos a medios de cloruros, sulfatos, sales solubles y carbonatos nos dan agresividad moderada siendo recomendable usar cemento tipo I para las obras de arte.

4.3.3.- Estabilidad del talud natural y de corte.

Los valores de corte natural de las arenas en estado seco, son de 70 a 80 grados, incrementándose el ángulo de corte a mayor profundidad y en sectores de mayor contenido de humedad natural,

Los valores del ángulo de fricción interna (ϕ) varían de 30° para las arenas arcillosas SC.

4.3.4.- Usos del material procedente de las excavaciones.

Los materiales que se extraerán de la limpieza pueden servir como abono para plantas de tallo largo (Algarrobo, tamarindo, mango etc.)

4.3.5.- Impermeabilidad de la cimentación.

Los materiales existentes en los sectores del Botadero Municipal, son poco permeables (arenas arcillosas) con valores que varían de $K_f = 10^{-3}$ a 10^{-4} cm/seg., siendo necesario impermeabilizar el fondo y talud con materiales arcillosos de la cantera Pampa Elera – Las Peñitas – Las Lomas.

4.4.- CAPACIDAD PORTANTE Y CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA DEL TERRENO.

Llamada también capacidad última de carga del suelo de cimentación, es la carga que puede soportar un suelo sin que su estabilidad sea amenazada.

Para la determinación de la capacidad portante, del Parque Recreacional en el sector de enterramiento o clausura del Botadero municipal de las Lomas, se aplica la teoría de Terzaghi para cimientos corridos de base rugosa en el caso de un medio denso o medianamente denso, tal como, se ha clasificado a los materiales encontrados en el área de estudio, también se hace extensivo para el caso de zapatas aisladas cuadradas, rectangulares o plateas de cimentación.

Para Cimientos corridos:

$$Q_c = C \cdot N_c + \dot{U} \cdot D_f \cdot N'q + 0.5 \cdot \dot{U} \cdot B \cdot N'g$$

Para zapatas aisladas cuadradas:

$$Q_c = 1.3 \cdot C \cdot N_c + \dot{U} \cdot D_f \cdot N'q + 0.4 \cdot \dot{U} \cdot B \cdot N'g$$

Donde :

\dot{U} = Peso volumétrico gr/cm³.

D_f = Profundidad de cimentación.

B = Ancho de la zapata

N_c , $N'q$ y $N'g$ = Factores de capacidad de carga kg/cm²

C = Cohesión kg/cm²

Presión de Trabajo o Capacidad Admisible

Llamada también presión de trabajo, presión de diseño o carga de trabajo, es la capacidad admisible del terreno y que se deberá usar como parámetro de diseño de la estructura.

Q_c

$P_t = \text{----}$

F_s

Donde:

P_t = Presión de Trabajo (Kg/cm²)

Q_c = Capacidad de Carga (Kg/cm²)

F_s = Factor de Seguridad (3.0)

Los resultados se pueden apreciar en el cuadro correspondiente en función a los niveles superior e inferior establecidos.

CAPITULO V.- ANALISIS GEOAMBIENTAL

El Botadero Municipal a clausurar y posterior construcción del Parque Recreacional en las afueras del Distrito de las Lomas cerca al Estadio Municipal de Las Lomas, es parte del Plan Integral de Gestión Ambiental y manejo de los Residuos Sólidos, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada tal como lo contempla la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento, Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, los que además establecen los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con sujeción a los principio de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

En lo que respecta a la evaluación de los impactos ambientales en obras civiles se basan en las siguiente **NORMATIVIDAD PERUANA SOBRE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL**

- CODIGO DEL MEDIO AMBIENTE (D.S. 613) Art. 9. y Art. 10.
- CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE (Ley 26410 - Art. 4. Son funciones de la CONAM.
- LEY MARCO PARA EL CRECIMIENTO DE LA INVERSION PRIVADA (D.L. 757) Art. 51.
- LEY DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL PARA OBRAS Y ACTIVIDADES (LEY 26786) DEL 13-05-97 PARA EL SECTOR TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCION (R.. 171-94-TCC/15.03) y (R.M. 170-94-TCC/15.03)

5.1.- PLAN DE MITIGACION Y MANEJO AMBIENTAL

El objetivo de las medidas de mitigación y del Plan de Manejo Ambiental (PMA) es el de evitar, minimizar, controlar o compensar los impactos que el proyecto de construcción y operación de una estructura, puede tener sobre los aspectos bióticos, abióticos y socio-económicos dentro del área de su influencia. Los planes de manejo y monitoreo ambiental se han preparado de manera tal que respondan claramente a las regulaciones peruanas y en su ausencia a los lineamientos internacionales.

Primero describiremos las medidas generales de mitigación aplicables al proyecto: de construcción y operación de las obras a ejecutar en el relleno sanitario en las afueras del

Distrito de Las Lomas, para luego establecer las medidas de mitigación recomendadas con la finalidad de evitar, minimizar o compensar los impactos ambientales que este proyecto pueda causar.

Algunas medidas generales de mitigación aplicables a actividades de construcción como la contemplada en este proyecto incluye:

- Establecimiento de un cronograma adecuado. La planificación cuidadosa del cronograma de construcción puede minimizar problemas asociados con precipitaciones pluviales mayores, altas temperaturas, factores biológicos, entre otros.
- Construcción por etapas. Un esquema adecuado de construcción por etapas minimiza el área siendo impactada en un momento dado, lo que puede reducir la perturbación de la vida silvestre.
- Colocación de cercos y carteles. Cercas temporales, cintas de seguridad, carteles y otros medios pueden ser efectivos para delimitar las áreas de construcción y especialmente, evitar o minimizar el acceso a áreas naturales sensibles o de riesgo.
- Zonas de Amortiguamiento. Estas proveen especial protección a elementos sensibles del ambiente como arroyos, hábitat de especies silvestres, fuentes de agua potable, red de aguas residuales, etc.
- Restricción al Acceso. Las actividades de construcción deben limitarse a la menor área posible para minimizar los impactos. Caminos de acceso deben ser monitoreados para evitar el acceso a extraños. Después de la construcción, las vías deben ser restauradas a su condición original.
- Entrenamiento y Educación a los Trabajadores. Antes de comenzar a trabajar en la construcción, los trabajadores deberán recibir un entrenamiento sobre la protección de los recursos naturales. El entrenamiento incluirá información sobre especies de interés especial, medidas de mitigación y la importancia de cumplir con el PMA. Esta información puede ser impartida a los trabajadores simultáneamente con la información sobre seguridad en el trabajo.
- Control de la Erosión. La erosión es el impacto más común de las actividades de construcción, pero puede ser controlada y minimizada con la aplicación de técnicas apropiadas de control. Estas técnicas, colectivamente llamadas Mejores Técnicas de Construcción deben ser parte importante del Plan de Construcción.

- Control de Vectores de Malezas. Especialmente en zonas con flora densa, se deben aplicar técnicas para evitar la proliferación de vectores de enfermedades en los campamentos y áreas de construcción. Las malezas deben controlarse para evitar que colonicen las áreas donde la vegetación natural ha sido removida.
- Protección de la Calidad del Aire. Durante la construcción la calidad del aire local puede ser afectada por las emisiones de vehículos, equipos y materiales de construcción y por el polvo que se levanta como consecuencia de las actividades de las excavaciones de las trincheras, durante el desplazamiento de los vehículos por los accesos al relleno sanitario. Medidas sencillas pero efectivas para proteger la calidad del aire incluyen restricciones en el tiempo de operación de motores en espera y mantener las superficies expuestas del suelo húmedo para evitar prevenir que el polvo se levante.
- Manejo Apropiado de Residuos Peligrosos. Prácticas óptimas de manejo deben aplicarse para el manejo y almacenamiento de insumos químicos, aceites, pesticidas y otras sustancias peligrosas, como tóxicos hospitalarios, los cuales son almacenados y compactados cubriéndolos con capas de arcillas debidamente compactadas para evitar la contaminación del aire. Se deben implementar planes de prevención y remediación de derrames en el proceso de recolección, transporte y construcción de la infraestructura del Botadero Municipal y Futuro Parque Recreacional de la Lomas.
- Manejo de Residuos Sólidos. Se deben identificar las fuentes, tipos y volúmenes de desechos a ser producidos, las prácticas de manejo de residuos, incluyendo métodos de recolección, transporte y disposición que minimicen los impactos sobre el suelo, aguas y el aire. Las prioridades de manejo son:
 1. Reducir la fuente
 2. Reciclar lo que sea posible
 3. Tratamiento y
 4. Disposición.

A continuación se incluyen las medidas y planes que se deberán implementar o tener en cuenta en el desarrollo del proyecto.

5.2.- MEDIDAS DE PLANIFICACION Y DISEÑO

La construcción del Parque Recreacional en el sector del Botadero Municipal, en las afueras del Distrito Las Lomas, donde se llevarán a cabo las actividades es relativamente homogéneo por lo que no existirá incremento o disminución de los impactos Ambientales definidos en este estudio por las posibles variaciones que puedan considerarse en el desarrollo de la ingeniería de detalle del proyecto.

En el desarrollo de la Ingeniería de Detalles así como, en la planificación de obras construcción, programas de entrenamiento al personal, capacitación a la población y operación, se deberán tener en cuenta las sugerencias y preocupaciones de la población contenida en las encuestas del Proceso de Información y Consulta, las mismas que deberán ser analizadas e implementadas de ser pertinentes o aplicables.

5.3.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN CORRECCIÓN Y CONTROL

En perjuicio a las normas específicas contenidas en el Reglamento de la LEY DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL PARA OBRAS Y ACTIVIDADES (LEY 26786) DEL 13-05-97 PARA EL SECTOR TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCION (R.. 171-94-TCC/15.03) y (R.M. 170-94-TCC/15.03).

La empresa o entidad constructora dará aviso a la Municipalidad, de la iniciación y finalización de sus operaciones de construcción del presente proyecto, así como de cualquier alteración o cambio sustancial en su Plan de Trabajo que puedan crear impactos ambientales no previstos en el EIA. También, reconoce tener los derechos de uso y servidumbre indicados en los Artículos N° 82, 83 y 84 de la Ley Orgánica y es responsable de que los perjuicios económicos que ocasionase el ejercicio de tales derechos sean compensados.

Las instalaciones necesarias para el Enterramiento del Botadero Municipal y Posterior construcción del Parque Recreacional que se usen, acondicionen o instalen en el Distrito de las Lomas, cumplirán con las normas indicadas en el Reglamento de Protección Ambiental. El personal cumplirá con lo referente a la protección de la flora y fauna local, Los desechos y desperdicios producidos durante los trabajos de construcción del Parque Recreacional y enterramiento del Botadero Municipal, serán manejados como se indica en dicho Reglamento de Protección ambiental.

La empresa constructora llevará un informe diario de los trabajos de construcción realizados donde se incluirá información sobre el avance del trabajo e información precisa indicando el manejo de su combustible, insumos, y otros.

EN LA CONSTRUCCION

Antes de la construcción del Parque Recreacional y enterramiento del Botadero Municipal, es importante que se registren todas las inquietudes y limitaciones ambientales identificadas en la etapa del diseño y del presente EIA, para asegurar que se implementen las medidas de mitigación. Al personal responsable de las diferentes actividades de construcción se le deberá proporcionar un documento donde se indican los temas ambientales y los planes de mitigación, de manera que adquieran conciencia de las inquietudes y limitaciones ambientales, y puedan implementar las medidas de mitigación requeridas y proporcionen la capacitación necesaria al personal.

Durante las entrevistas con los propietarios de viviendas y terrenos, la empresa constructora deberá determinar si las propiedades individuales son adecuadas para el acceso a la servidumbre de vía y si el propietario accede a ello. Además si el propietario requiere de acceso, a través de la servidumbre para vehículos o equipos de cultivo y ganado durante la construcción del relleno sanitario, éste se le debe proporcionar.

Se deberán tomar todas las precauciones y cuidados posibles para mantener la buena calidad de trabajo, incluso en condiciones climáticas adversas.

Se deberá limitar la limpieza, nivelación del terreno y movimiento de tierras a lo estrictamente necesario para la adecuada realización de los trabajos.

Se deberá tener cuidado en el manejo de los equipos y transporte de los materiales para prevenir daños a los mismos, al personal que lo opera y/o terceros.

Para la construcción de la infraestructura del relleno sanitario se deberá observar lo siguiente:

- Antes de la construcción, se debe delinear el diseño estructural y la localización de la servidumbre, según diseño y autorización.

- Luego podrá despejarse el área; la capa superficial del suelo deberá retirarse y apilarse separadamente de la pila de escombros con la finalidad de ser utilizadas en el recubrimiento por capas de los residuos sólidos, previa compactación de los mismos.
- Se debe limpiar el área de trabajo de todo vestigio y restaurar el terreno circundante de la obra, para evitar la erosión por aguas pluviales y de escorrentía.

La supervisión e inspección de la obra a rehabilitar, asegurará la buena calidad del material.

En todos los trabajos de construcción se extremarán los cuidados para prevenir incendios, para lo cual se contará en cada lugar de trabajo con extintores de fuego en cantidad y tamaño apropiado.

Antes de realizar cualquier actividad de soldadura, se realizará la calificación del procedimiento de soldadura y la calificación de soldadores. La calidad de la soldadura de campo será inspeccionada por pruebas No Destructivas.

5.4.- MEDIDAS PARA EVITAR LA CONTAMINACION DE SUELOS POR DERRAMES DE COMBUSTIBLES, LUBRICANTES Y OTROS.

- La alternativa más segura para evitar la contaminación de suelos y aguas con hidrocarburos es la utilización de recipientes herméticamente sellados y seguros, así como, el uso de productos que sean biodegradables o no sean tóxicos.
- Cualquier hidrocarburo derramado se deberá coleccionar, contener y transferir a recipientes herméticos.
- Durante la construcción del Parque Recreacional y enterramiento del Botadero Municipal, se debe evitar el derrame de combustibles, caso contrario deben ser almacenados en lugares seguros y a pozas de desechos sólidos autorizados.
- Se deberá proteger del intemperismo a todos los materiales, estos deben estar apilados y debidamente marcados de manera que permita el fácil manejo evitando derrames imprevistos.
- Cada cilindro o grupos de cilindros deberán estar rodeados por un dique debidamente impermeabilizado que almacenará un volumen por lo menos igual al 110% del volumen de almacenamiento.

- Se recomienda el uso de tanques de acero para el transporte y almacenamiento de hidrocarburos. Tener presente que una posibilidad de fuga de líquidos es por las válvulas ó prensa estopa de las válvulas.
- Se deberá señalar todas las áreas de almacenamiento de hidrocarburos así como protegerlas de daños por vehículos en movimiento. Los letreros de seguridad y protección ambiental deberán ser visibles incluso bajo condiciones climáticas adversas.
- Se deben colocar señales de "No Fumar".

5.5.- MEDIDAS PARA EVITAR UNA INCORRECTA DISPOSICION DE DESECHOS.

Los desechos y desperdicios serán adecuadamente manejados a modo de asegurar que: los animales de la zona no sean atraídos por los desechos dispuestos en las zanjas o pozas.

- No se originen gases fétidos por operaciones de disposición o procesamiento inadecuados.
- Es importante conocer y cumplir el Plan de Manejo y disposición de desechos que se incluye en este Estudio a manera de minimizar los impactos negativos, es por ello que se debe realizar dictados de charlas de seguridad y protección ambiental a todo el personal respecto a este Plan.

5.6.- MEDIDAS PARA DISMINUIR EL IMPACTO AL MEDIO BIOTICO.

Especialmente en la explotación de canteras y traslado de materiales de préstamo de estas hasta la obra:

- Se utilizarán al máximo las carreteras existentes y las vías de acceso acondicionadas.
- Durante el tránsito por el desierto evite pisar los arbustos, rodéelos mientras sea posible.
- Ubique los equipos de campo de tal modo que minimice o elimine la necesidad de cortar Algarrobos, zapotes o cualquier elemento de la flora natural. La densidad de estas especies por Ha. en la zona desértica es muy baja en el área del proyecto, por tanto, no será difícil alcanzar este objetivo. En las áreas de cultivo, las obras y operaciones serán coordinadas previamente con los propietarios de áreas de cultivo, con el fin de recompensar los posibles daños a la flora y áreas agrícolas.

5.7.- MEDIDAS PARA MITIGAR LA CONTAMINACION SONORA.

- Se utilizarán silenciadores y pantallas aisladoras en los motores a fin de que el nivel de ruido máximo permisible de **90dB** no se supere a más de **5 metros** de la fuente sonora.
- Todo el personal que labora cerca de las fuentes generadoras de ruido tales como compresoras, equipos de soldar, motores, equipos pesados, etc., debe utilizar protectores de oído.

5.8.- PROGRAMA DE CONTROL.

- Se incorporarán las políticas ambientales durante el desarrollo de las operaciones, para ello es necesario que todo el personal involucrado tenga el conocimiento y entrenamiento para poder actuar correctamente frente a los problemas ambientales, así como también conocer las leyes y normas aplicables en el área de operaciones. Esto se realizará a través de charlas de concientización al personal, en seguridad y protección ambiental. Se recomienda dictar estas charlas antes del ingreso del personal al área de operaciones.
- El proyecto contará en todas sus etapas con un Inspector de Seguridad y Protección Ambiental de la municipalidad, quien hará cumplir con las normas y estándares respectivos.

5.9.- PLANES DE CONTINGENCIA Y RESPUESTAS DE EMERGENCIA.

La intención de estos planes es la de presentar los procedimientos y prácticas que se deberá adoptar ante contingencias que pudieran afectar al personal, sus bienes y/o terceros. Los esquemas y acciones aquí presentados permitirán proteger y salvaguardar las vidas e intereses de las empresas que llevarán a cabo las labores de construcción y/o terceros.

El éxito de estos planes dependerá de la participación de todo el personal en las prácticas que se realicen, para asegurar la comprensión y el conocimiento a cabalidad de estas normas y acciones.

Es necesario también, que todo el personal tenga conocimiento y ponga en práctica las medidas preventivas y principios básicos para minimizar riesgos, los cuales se incluyen en los planes, se incluye el Plan de Contingencia contra incendios, derrames, sismos y accidentes, explicados al detalle para el caso de labores de construcción del relleno sanitario. Para todos los casos se ha considerado la organización de brigadas que se encargaran de participar en el control y combate de dichas situaciones.

Los aspectos que contempla el Plan de Contingencias son:

- El Plan será actualizado.
- Todo el personal recibirá entrenamiento sobre este Plan.
- El Plan contiene información sobre las medidas a tomarse en caso de producirse una fuga de hidrocarburo, explosiones, accidentes, incendios, evacuaciones, etc.
- Medidas especiales para preservar la seguridad e integridad pública frente a riesgos de explosiones, se tendrán previstas para el caso de fugas de gas natural e hidrocarburos líquidos que tengan una presión de vapor superior a 1.1 bar a 38° C.
- Asimismo, contiene procedimientos a seguir para establecer una comunicación efectiva y sin interrupciones entre el personal de la empresa, los representantes gubernamentales, la MTC, el OSINERG y otras entidades estatales y públicas requeridas.

5.10.- PLAN DE MANEJO Y DISPOSICION DE DESECHOS EN GENERAL.

Para la disposición de estos tipos de desechos los métodos recomendados de disposición son el Parque Recreacional y enterramiento del Botadero Municipal. Estos desechos incluyen:

1. **Desechos sólidos urbanos** (orgánicos biodegradables tales como papel, cartón, madera, maleza, alimentos, etc. y orgánicos no biodegradables o degradables en plazos muy largos tales como plásticos, jebes) los cuales serán dispuestos en rellenos sanitarios.

Se consideran también como residuos urbanos:

- Los procedentes de la limpieza de vías publicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas.
- Animales domésticos muertos, muebles y enseres.
- Vehículos abandonados.

2.- Desechos industriales que incluyen:

- Trapos aceitosos, almohadillas, absorbentes, etc.
- Desecho de metal:
 - a) Chatarra
 - b) Latas y cilindros de petróleo
 - c) Cartuchos de grasa
 - d) Partes de equipo de sistemas auxiliares
 - e) Cable usado
 - f) Filtros de Petróleo, etc.

Estos desechos industriales deben ser separados de la basura doméstica, limpiarse de hidrocarburos o cualquier contaminante antes de su disposición o su reciclado.

3.- Residuos Agrarios: son los que proceden de la agricultura, la ganadería, la pesca, las explotaciones forestales o la industria alimenticia.

4.- Residuos Médicos y de Laboratorio: Restos de trabajo clínico, hospitalario o de investigación.

5.- Residuos Radioactivos.- Materiales que emiten radiactividad.

5.11.- PLAN DE ABANDONO.

- Al finalizar las operaciones del relleno la superficie del terreno se restaurará a condiciones similares a las encontradas.
- Realizar limpieza general del campo a fin de eliminar todo elemento que pueda originar contaminación o un incendio en el futuro.

5.12.- PLAN DE MONITOREO.

El desarrollo del proyecto afectará inevitablemente, al medio físico (suelos, agua y aire) y a la flora y fauna que habita en dicho medio conformando el ecosistema. En tal sentido, para disminuir el grado de afectación, se debe considerar una serie de propuestas para prevenir / eliminar / minimizar tales impactos en beneficio del medio ambiente. En este sentido y considerando que el Plan de Manejo Ambiental (PMA) se aplicará

rigurosamente a lo largo de la vida del Proyecto. Los impactos negativos previstos, se espera sean mitigados v/o no lleguen a producirse.

Es obvio advertir la importancia que tendrá la implementación de un buen Sistema de Control de Cumplimiento del PMA a efectos de lograr el buen manejo ambiental del proyecto conforme a lo previsto.

El Plan de Monitoreo describe los parámetros, la metodología y la presentación de la información analizada para determinar si los impactos de la construcción se encuentran dentro de los límites permisibles. De acuerdo a las regulaciones Peruanas, el Plan de Monitoreo para las construcciones incluye la evaluación de efluentes líquidos, calidad de agua y calidad del aire.

El Programa de Monitoreo para la construcción que debe ser conducido y supervisado por personas entendidas e identificadas con la problemática ambiental, tendrá entre otros, el siguiente objetivo:

OBJETIVO: Inspección directa y permanente del desarrollo del proyecto de rehabilitación para constatar el cumplimiento del PMA y las disposiciones ambientales; y, en base a ello poder efectuar a tiempo las enmiendas y correctivos correspondientes. Entre estos esta la evaluación cualitativa y cuantitativa de concentración de contaminantes y comparación con los límites permisibles y/o a los estándares aceptados.

ALCANCES: El presente Programa de Monitoreo es de aplicación para todas las etapas del proyecto como son:

- Etapa de habilitación del Proyecto
- Etapa de Construcción
- Etapa de Operación

- El personal de Construcción del área de Protección Ambiental.

La empresa constructora difundirá entre los trabajadores involucrados, todas las recomendaciones del presente EIA. La difusión y entrenamiento alcanzará también al

personal de empresas contratistas que efectuarán trabajos relacionados con la construcción.

PROGRAMA DE MONITOREO: En la presente sección se describe el Programa de Monitoreo recomendado para el proyecto. Este Plan incluye un seguimiento de los parámetros de calidad de agua y de aire, con el objetivo de proveer de suficiente información sobre los efluentes y emisiones relacionados con el proyecto y mantener un estricto control de las concentraciones de contaminantes para no sobrepasar los estándares de calidad del ambiente.

Calidad del Aire: El objetivo del monitoreo es de hacer un seguimiento de control y vigilancia de los efectos potenciales predichos en el estudio analizado para la construcción del relleno, confirmar que los parámetros de calidad de aire se mantendrán dentro de las pautas Peruanas. Dado que el EIA indica que las emisiones de contaminantes dependerán del combustible utilizado, se propone que una vez iniciada las operaciones de construcción del relleno sanitario, se realice una prueba mensual durante el primer año de operaciones de Calidad de Aire para los siguientes parámetros:

- Óxidos de nitrógeno.
- Dióxido de azufre.
- Hidrógeno Sulfurado.
- Monóxido de carbono.
- Material particulado.
- Parámetros meteorológicos y
- Ruido.

Basados en los resultados obtenidos del primer año de operación, si los resultados muestran que se encuentran muy por debajo de los límites de calidad del aire, entonces se realizará el monitoreo trimestralmente, siguiendo los lineamientos dados en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones Gaseosas.

Calidad del Agua: El proyecto no contempla la descarga de aguas servidas o industriales a ningún cuerpo acuático por lo que no se efectuará monitoreo de agua en cuerpos receptores.

Los parámetros a ser evaluados serán:

- Temperatura.
- pH.
- Cloruros.
- Aceites y Grasas.
- Metales (Plomo y Bario).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Desde el punto de vista geológico, la zona de estudio se asienta sobre suelos de tipo eluvial de edad cuaternario reciente, constituidas por materiales de arenas arcillosas SC, y en la parte de mayor profundidad intercalados con arenas limosas ligeramente plásticas SM.

2.- Geomorfológicamente, el área de estudio esta representado por zonas de depresión y colinas que en épocas de grandes precipitaciones pluviales las primeras son inundadas, presentando en general un relieve ligeramente ondulado.

3.- Desde el punto de vista Neotectónico, la zona de estudio no presenta diaclasas, ni fallas de distensión, por lo que no hay evidencias de deformación neotectónica tal como se pudo apreciar en las calicatas y sondajes que se ejecutaron para el presente estudio.

4.- El sistema de drenaje dominante es del tipo lineal y dendrítico, en los sectores de depresiones

5.- Desde el punto de vista de la Geodinámica Externa. Los principales fenómenos que dominan el área de estudio son: Las inundaciones en las áreas depresivas, con predominio de erosión y socavamiento en zonas de depresión por donde drenan las aguas en épocas de grandes precipitaciones.

6.- Los resultados de la capacidad portante y admisible del terreno en el sector del Botadero municipal de Las Lomas en el caso de proyectar infraestructura del Parque Recreacional deberá ser por debajo de la capa de desechos sólidos a una profundidad de 1.50m.

CALICATA C - 1 Y C - 2 (BOTADERO MUNICIPAL)

TIPO DE ESTRUCTURA	Df m	B m	g gr/cm ³	C Kg/cm ²	f	N°c	N°q	N°g	Qc Kg/cm ²	Pt Kg/cm ²
ZAPATAS AISLADAS	1,00	1,00	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,21	1,07
	1,20	1,00	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,48	1,16
	1,50	1,00	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,90	1,30
	1,80	1,00	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,31	1,44
	2,00	1,00	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,58	1,53
	1,00	1,20	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,25	1,08
	1,20	1,20	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,53	1,18
	1,50	1,20	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,94	1,31
	1,80	1,20	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,35	1,45
	2,00	1,20	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,62	1,54
CIMENTOS CORRIDOS	1,00	1,50	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,31	1,10
	1,20	1,50	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,59	1,20
	1,50	1,50	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,00	1,33
	1,80	1,50	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,41	1,47
	2,00	1,50	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,68	1,56
	1,00	0,45	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	2,74	0,91
	1,20	0,45	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,02	1,01
	1,50	0,45	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,43	1,14
	1,80	0,45	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,84	1,28
	2,00	0,45	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,11	1,37
CIMENTOS CORRIDOS	1,00	0,60	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	2,78	0,93
	1,20	0,60	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,06	1,02
	1,50	0,60	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,47	1,16
	1,80	0,60	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,88	1,29
	2,00	0,60	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,15	1,38
	1,00	0,75	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	2,82	0,94
	1,20	0,75	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,09	1,03
	1,50	0,75	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,50	1,17
	1,80	0,75	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	3,91	1,30
	2,00	0,75	1,71	0,07	30	18,0	8,0	3,0	4,19	1,40

La capacidad admisible en el sector del Botadero Municipal se ha determinado para suelos naturales tipo Arena Arcillosa SC es de **1.30kg/cm² a la profundidad de 1.50m.** y con zapatas cuadradas de 1.00m. de lado. Y de **1.14 kg/cm² para cimiento corrido de 0.45m. de ancho.**

7.- La cimentación de las Infraestructura del Parque Recreacional en el sector del Botadero Municipal se hará en suelos constituidos por con intercalaciones de arenas arcillosas SC y arenas limosas (SM), no influenciadas por la napa freática, pero si por filtraciones de las aguas pluviales.

8.- Desde el punto la información obtenida tanto de campo como de gabinete se estableció que en el sector del Botadero Municipal donde se proyecta construir un Parque Recreacional, se presentan diferentes tipos de suelos y con determinados condiciones geotécnicas:

Arenas Arcillosas

Estos suelos generalmente se encuentran debajo de la capa de desechos sólidos y están compuestos por arenas arcillosas SC, en estado medianamente denso, con regular contenido de humedad, y valores medios de plasticidad, con granulometría variable desde grano fino a medio.

Arcillas arenosas CL

Se encuentra intercalado con las arenas arcillosas y son de mediana plasticidad, de color marrón, poco húmedo y medianamente compacto.

Condiciones Geotécnicas:

En el sector de estudio no presentan potencialidad de licuación de arenas debido a la no presencia del nivel freático superficial ni ocurrencia de sismos de gran magnitud (> 5.5. grados en la Escala de Mercali Modificada).

Los suelos presentes no son colapsables. Presentando densidad natural de 1.78gr/cm3.

Análisis Químicos por Agresividad del Suelo al Concreto

Los valores bajos a medios de cloruros, sulfatos, sales solubles y carbonatos nos dan agresividad baja, siendo recomendable usar cemento tipo I para las obras de arte (ver Cuadros resumen adjunto).

ESTABILIDAD DEL TALUD NATURAL Y DE CORTE

Las arenas se caracterizan en la parte superior del terreno por estar en estado suelto y poco compacto con ángulo de talud natural en el corte de 80 a 85°, siendo de mayor estabilidad.

9.- En base a las precipitaciones pluviales, medias anuales y extraordinarias, grado de permeabilidad de los suelos y erosión de los mismos se pudo determinar que la zona de estudio, es una zona inundable, de baja a mediana permeabilidad (suelos areno arcillosos).

Considerando que cíclicamente se presentan fuertes precipitaciones pluviales, es necesario diseñar sistemas de drenaje alrededor del Botadero, que eviten la infiltración de aguas y puedan originar asentamientos futuros y dañar las estructuras proyectadas.

10.- El contenido de sales solubles, Cloruros y sulfatos en los sectores de estudios son de valores bajo por lo que para el diseño del concreto de obras auxiliares se debe utilizar cemento Portland Tipo I.

11.- Para la Clausura por enterramiento del Botadero Municipal, se han evaluado las siguientes canteras:

Cuadro n° 1

Nombre cantera	Ubicación	distancia km.
CANTERA PAMPA ELERA	LAS PEÑITAS	18
CANTERA JAHUAY DE PAVAS	CERRO SANTA CRUZ	05

Cuadro n° 2

Nombre cantera	tipo de agregado	usos
Pampa Elera-Las Peñitas	Arcillas arenosa	Impermeabilización
Jahuay de Pavas	Gravas Arcillosas	Material de afirmado
Cerro La Cruz		

Las canteras muestran los valores de CBR siguientes:

CANTERA PAMPA ELERA – LAS PEÑITAS (ARCILLA ARENOSA)

N° GOLPES	12	25	56
PENETRACION			
0.1"	4,48	6,12	7,90
0.2"	5,76	7,35	9,36

CANTERA JAHUAY DE PAVAS - CERRO LA CRUZ (AFIRMADO)

N° GOLPES	12	25	56
PENETRACION			
	33,60	45,10	71,20
PENETRACION	44,78	64,80	82,6

PROCTOR MODIFICADO

CANTERA PAMPA ELERA - LAS PEÑITAS (ARCILLA ARENOSA)

DENSIDAD	HUMEDAD
MÁXIMA	ÓPTIMA
1.78 gr/cm ³	11.65%

CANTERA JAHUAY DE PAVAS - SAN CRISTO (AFIRMADO)

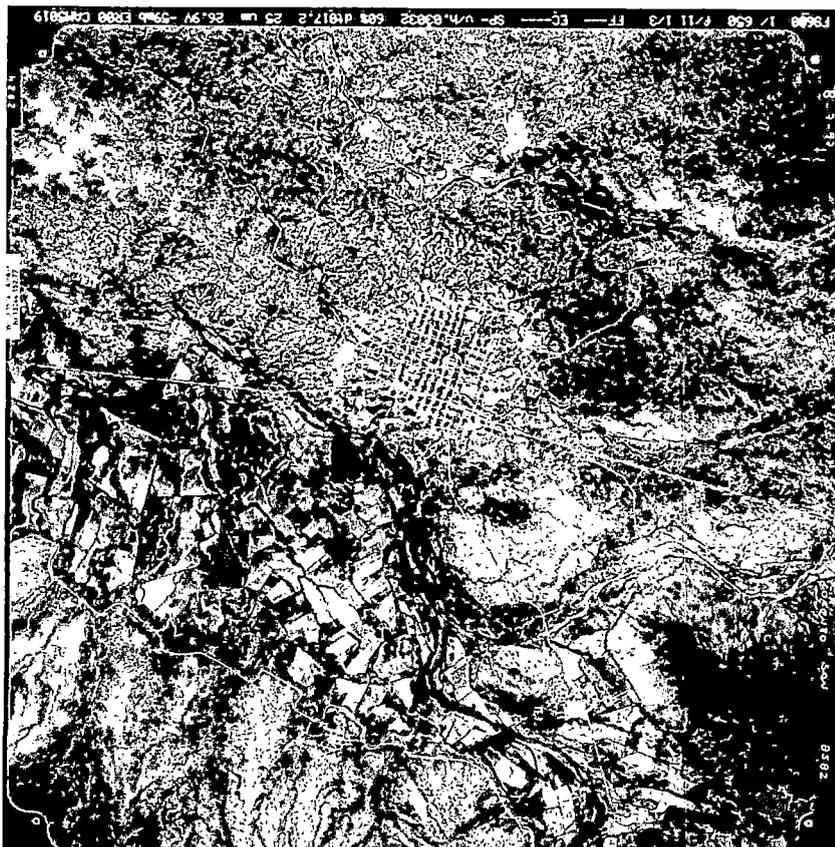
DENSIDAD	HUMEDAD
MÁXIMA	ÓPTIMA
2.17 gr/cm ³	7.85%

12.- Los materiales arcillosos tipo arcillas arenosas CL encontrados en las canteras Pampa Elera - Las Peñitas, han sido certificados por el laboratorio de la Universidad Nacional de Piura que nos indican que las arcillas arenosas de la cantera Pampa Elera - Las Peñitas es la mas representativa y cumple con las especificaciones técnicas para su uso como material en el enterramiento del Botadero municipal.

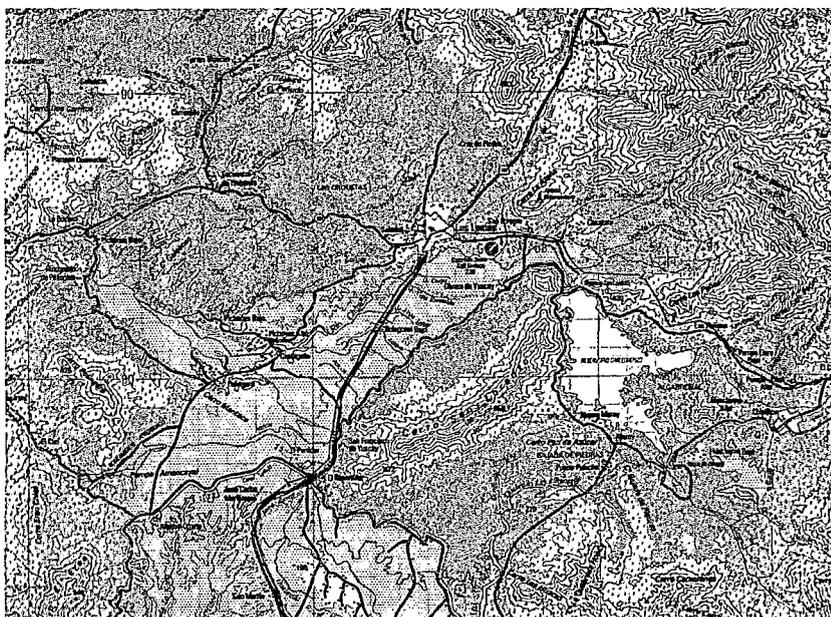
13.- Se realizaron ensayos de permeabilidad en el laboratorio determinándose que los suelos presentan valores variables en función al tipo de suelo, siendo de bajo grado de permeabilidad para las arenas arcillosas 3.20E-05.

Calicata	Prof.	Coefficiente de Permeabilidad	Grado de Permeabilidad
	m.	cm/sg	
C - 1	2.20	3.20E-05	baja

8.3.5. Anexo 5 Fotografía Servicio Aerofotográfico Nacional 1990



8.3.6. Anexo 5 Mapa Las Lomas Instituto Geográfico Nacional IGN escala 1/100,000 fracción del mapa 10 - c



Utilización de especies nativas del bosque seco para la recuperación del paisaje en el proceso de cierre del botadero a cielo abierto del distrito Las Lomas – Piura

8.4. REFERENCIAS

Bibliografía General

1. Bernex de Fallen, Nicole. y Revesz, Bruno 1988 *Atlas Regional de Piura. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA)*, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima.
2. Brack Egg, Antonio. Mendiola, Cecilia. 2000 *Ecología del Perú*. Editorial Bruño, Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima.
3. Eguiguren, V. *Las lluvias en Piura. Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, (1984) tomo IV. N°5, 7,9, pp. 241-258.
4. Hocquenghem, Anne Marie. *Para vencer a la muerte*. Lima Instituto Francés de Estudios Andinos. 1990.
5. Perú - *Convenio sobre la Diversidad Biológica* Programa de Las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente 1992.
6. Perú, INRENA Instituto Nacional de Recursos Naturales. 1998 *Mapa de bosques secos del departamento de Piura Memoria descriptiva* INR-82-DGEP. Lima-Perú.
7. Perú, ONERN. *Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa*. Lima, Perú.1976. 145 p.
8. Smith, Robert Leo, Smith, Thomas. *Ecología* Madrid. Pearson Educación 2001. 4ta Edición.
9. Valladolid Catpo, Baudilio. *Caracterización Geográfica y Ecológica de la Región Piura*, Proyecto Curricular Regional; Mallares 2007.
10. Woodman, R. *Recurrencia del fenómeno El NIÑO con intensidad comparable a la del NIÑO 1982-1983*. Ciencia, Tecnología y Agresión Ambiental, El fenómeno El Niño, Uma, 1985. pp. 301-332.

Bibliografía Paisajista

11. Altamirano Adison, Cristian. Echeverría & Antonio Lara 2007. *Efecto de la fragmentación forestal sobre la estructura vegetacional de las poblaciones amenazadas de *Legrandia concinna* (Myrtaceae) del centro-sur de Chile* Revista Chilena de Historia Natural 80: 27-42.
12. Barrera-Cataño, J. I. Valdés-López, C. 2007 *Herramientas Para Abordar La Restauración Ecológica De Áreas Disturbadas En Colombia. Universitas Scientiarum*. Revista de la Facultad de Ciencias Edición especial II, Vol. 12, 11-24 Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.
13. Burel Françoise, Baudry, Jacques. 2002. *Ecología del Paisaje, conceptos, métodos y aplicaciones*. Ed. Mundi prensa.
14. Cáceres Cortez, Ana Tereza. *Recuperación paisajística de vertederos de basura: un ejemplo de brownfields*. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Brasil cuadernos de geografía 16, 2007. ISSN: 0121-215x. Bogotá, Colombia. pp. 71-80.
15. Cotler, Helena, Bocco, Gerardo. Velázquez, Alejandro. *El análisis del paisaje como base para la restauración ecológica* Instituto Nacional de Ecología Semarnat. Mexico.

16. España Junta de Andalucía *La fragmentación del paisaje como principal amenaza a la integridad del funcionamiento del territorio.*
17. España, La Comunitat Valenciana. Decreto 120. 2006 *Reglamento de Paisaje.*
18. Forman K. y M Godron. 1986. *Landscape ecology.* John Wiley and Sons, New York, New York, USA. 619 pp.
19. Jellicoe, Geoffrey and Susan. 1995. *The landscape of Man.* Edit. Thames and Hudson. ISBN 0-500-27819-9.
20. Jiménez O. Victoria 2008 *La Relevancia del Paisaje Como Recurso de Desarrollo Local, Generación de Renta y Empleo en el Siglo XXI* Master Internacional de Desarrollo Local y Estrategias Ambientales.
21. Leal-Pinedo, Jorge Miguel 2005 *Los Bosques Secos de la Reserva de Biosfera del Noroeste (Perú): Diversidad Arbórea y Estado de Conservación Reserva de Biosfera del Noroeste,* Instituto Nacional de Recursos Naturales, Tumbes, Perú.
22. McHarg, Ian L. 2000 *Proyectar con la naturaleza.* Barcelona. Gustavo Gili. xvii.
23. Morlans, Maria Cristina, 2005. *Introducción a la Ecología del paisaje y estructura del paisaje* Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca ISSN: 1852-3013.
24. Naveh, Zev. Lieberman, Arthur S. y col. Sarmiento, Fausto O. Ghersay, Claudio M. León, Rolando J.C. 2002 *Ecología de Paisajes.* Univ. de Buenos Aires ISBN:950-29-0676-4.
25. Priego, Ángel. Bocco, Gerardo. Mendoza, Manuel. Garrido, Arturo. 2008 *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes Fundamentos y métodos.* Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental Universidad Nacional Autónoma de México.
26. Torres Guevara, Fidel. 2003 *Minería Metálica bajo El NIÑO en Piura: Injustificado riesgo para su vida y desarrollo.* Colectivo ciudadano "Piura Vida y Agro" Godofredo García Baca, Oxfam, Coordinadora Nacional de Derechos Humanos, Piura.
27. Troll, Carl 2003 *Ecología del Paisaje* Gaceta ecológica N°68 Instituto Nacional de Ecología DF Mexico pp71-84 ISSN:1405-2849.
28. Vázquez, Yanes. Carlos. Batis Muñoz, Ana Irene. Alcocer Silva, María Isabel. Gual Díaz, Martha. Sánchez Dirzo, Cristina. *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación, Proyecto J-084 – Conabio* Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal 70-275, Ciudad Universitaria, 04510 México D. F., México.
29. Wenche E Dramstad, Forman Richard T.T., Olson, James; *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning* GSD President and fellows of Harvard College 1996.

Bibliografía Relativa a la Biología de los Bosques Secos

30. Aguirre, Zhofre. Kvist, Lars Peter. Gutierrez, Luis. Sánchez, Orlando. *Caracterización de la vegetación forrajera en los periodos seco y lluvioso en los bosques secos de*

- Zapotillo y Macará Provincia de Loja* obtenido el 2 de junio del 2010 oast@yahoo.es, herbario@unl.edu.ec.
31. Becerril J.M., Barrutia O., García-Plazaola J.I., Hernández A., Olano J.M., Garbisu C., *Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación*. Ecosistemas 2007/2, 51-56.
 32. Benites Jump, José. *Evaluación visual del suelo – Guía de campo*. INCAGRO, obtenido el 6 de setiembre del 2010 de www.josebenites.com.
 33. Delgadillo-López Angélica E. González-Ramírez, César Abelardo. Prieto-García, Francisco. Villagómez-Ibarra, José Roberto. Acevedo-Sandoval, Otilio. 2011. *Fitorremediación: una Alternativa para eliminar la contaminación*. Tropical and Subtropical Agroecosystems.
 34. Gobierno Regional de Piura *Estudio Geológico-Geotécnico del Área para el Relleno Sanitario de la Ciudad de Suyo, Provincia Ayabaca, Departamento de Piura Revista del Instituto de Investigación FIGMMG* Vol. 8, N.º 15, 69-77 (2005) Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
 35. Ferreyra, R. 1983 *Los tipos de vegetación de la costa peruana*. Anales del Jardín Botánico de Madrid 40(1):241-256.
 36. García-Piñón, F Sanfeliu, T Meseguer, S. Jordán, M.M. 2009 *La Regeneración Vegetal y Paisajística en suelos Degradados por Vertidos de Residuos*. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Barranquilla Colombia.
 37. Linares Palomino, Reynaldo. *Diversidad y endemismo de plantas leñosas de bosques tropicales estacionalmente secos del Perú* obtenido el 8 de setiembre del 2010 de www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias.htm.
 38. Linares Palomino, Reynaldo. Leal-Pinedo, Jorge Miguel. *Los Bosques Secos de La Reserva de Biosfera del Noroeste (Perú): Diversidad Arbórea y Estado de Conservación* obtenido de www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias.htm.
 39. Linares Palomino, Reynaldo. La Torre María de los Ángeles. *Mapas y clasificación de vegetación en ecosistemas estacionales: un análisis cuantitativo de los bosques secos de Piura* Rev. Peru. biol. 15(1): 31-42 (2008) Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM Versión on line ISSN 1727-9933.
 40. Maestre, Fernando Tomás. 2002. *Restauración de la cubierta vegetal en zonas semi áridas en función a los factores bióticos y abióticos*. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. Obtenido de la Biblioteca virtual Miguel de Cervantes 30 de junio del 2010.
 41. Muñoz-Pedrerros, Andrés. 2004 *La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental* Revista Chilena de Historia Natural 77: 139-156.
 42. Perú, INRENA *Evaluación de la fenología del Prosopis en el departamento de Lambayeque Chiclayo: Proyecto Algarrobo*. Ministerio de Agricultura; Lima, Embajada Real de los Países Bajos, 2003 Sistematización realizada por: Ing. Juan Alarcón Díaz
 43. Vasquez P., Burneo F., Canziani E., Ríos J. 2007 *Las Plantas silvestres en la alimentación del venado cola blanca coto de caza El Angolo Piura, guía de campo para su reconocimiento*. Centro de datos para la Conservación UNALM, Lima.
 44. Weberbauer, Augusto 1944 *Clima y vegetación en los Andes del Perú y en su territorio costanero*, discurso de inicio de ciclo Academia de Ciencias Exactas.

Bibliografía Relativa a la Gestión de Residuos Sólidos

45. Allende Ccahuana, Teófilo. *Estudio geológico-geotécnico del área para el relleno sanitario de la ciudad de Suyo, provincia Ayabaca, departamento de Piura*, Revista del Instituto de Investigación FIGMMG Vol. 8, N.º 15, 69-77. Lima 2005 Universidad Nacional Mayor de San Marcos ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico)
46. Antón, Víctor Enrique. *Modelo de Aplicación Práctica de Estudio de Impacto Ambiental*. Universidad Nacional de Piura 2006.
47. CEPAL-CEPIS *Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales e Impacto Ambiental Red Latinoamericana y del Caribe para la Capacitación y la Cooperación Técnica Mediante la Educación a Distancia*.
48. Duane, F. 1972 *Golf Course from Garbage*. The American city. pg 85.
49. España, Secretaría de Desarrollo Social, Dirección de Infraestructura y Equipamiento *s/f Manual para la Operación de Rellenos Sanitarios*.
50. Espinace A., Raúl.; Palma G., Juan; Szanto N. Marcel; Olaeta C., J. A. *Recuperación de áreas utilizadas como vertederos controlados de R.S.U. Experiencias y proposiciones*. Universidad Católica de Valparaíso.
51. Félix Herrán, Jaime Alberto. Sañudo Torres, Rosario Raudel. Martínez Ruiz, Rosa. Rojo Martínez, Gustavo Enrique. Olalde Portugal, Víctor. *Biorremediación de Suelo, Agua y Aire*, Desarrollo Sustentable Universidad Autónoma Indígena de México.
52. Fuertes, Héctor, IDOM, Santo Domingo 2010. *EIA Plan de clausura o saneamiento del relleno sanitario. Santo Domingo*.
53. Jaramillo, Jorge. 2002 *Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales*. OPS/CEPIS/PUB/02.93 Universidad de Antioquia, Colombia.
54. Municipalidad Provincial de Piura 2006 *Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos*. www.munipiura.gob.pe.
55. Olaeta C., José A.; Espinace A., Raúl; Szantó N., Marcell; Palma G., Juan. 1997 *Experiencias de Reinserción de vertederos mediante la implantación de una cubierta vegetal* XII Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Copiapó, Chile.
56. Perú, CONAM/CEPIS/OPS 2004 *Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos*, Lima.
57. Perú, El Peruano Presidencia del Consejo de Ministros 2004 DS 057 *Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos*.
58. Perú, Ministerio del Ambiente. 2010 *Cifras Ambientales ¿Cómo estamos?* SINIA Sistema Nacional de Información Ambiental.
59. Perú, Presidencia del Consejo de Ministros 2008 *Reglamento para el Diseño, Operación y Mantenimiento de Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos del Ámbito Municipal: Rellenos Sanitarios*.
60. Röben, Eva. 2002. *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales DED/ Ilustre Municipalidad de Loja*, Ecuador.
61. Szanto Narea, Marcel. *Planes de Cierre y Reinserción de Vertederos: alternativas sanitarias*. Escuela de Ingeniería en Construcción Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

62. Volke-Sepúlveda T. y Velasco-Trejo J. A. 2002. *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. Editado por INE-SEMARNAT.
63. Velasco-Trejo J.A. y T.L. Volke-Sepúlveda. 2003. *El composteo: una alternativa tecnológica para la bioremediación de suelos en México*. Gaceta ecológica, enero-marzo, No. 066. Instituto Nacional de Ecología, México D.F. pp. 41-53.

Páginas web consultadas

64. CIPCA Mapas temáticos <http://www.cipca.org.pe/cipca/webir/regpiura/Mapas.htm>.
65. España, Euskalherria-Catalunya, I Encuentro de Geografía. De Bolos Capdevila, María. *La Tendencia Del Paisaje Integrado En Geografía*. Obtenido el 20 de julio del 2011. <http://www.ingeba.org/liburua/topake1/bolos/mbolos.htm>.
66. Fenómeno La Niña http://www.elclima.com.mx/fenomeno_la_nina.htm.
67. Google, Mapas satelitales www.Google.com.
68. Martos, Joaquín R., Scarpati, Mariella, Rojas, Consuelo. *Fenología de algunas especies que son alimento para la pava aliblanca *Penélope albipennis**.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332008000200009&lng=es&nrm=iso
69. Municipalidad Distrital de las Lomas. Alcalde Neira Simbala, Santos Milton 2011 <http://www.munilaslomas.gob.pe>.
70. Olf, Han, Mark E. Ritchie 2002 *Fragmented nature: consequences for biodiversity Landscape and Urban Planning* 58 83–92 The Netherlands, obtenido el 18 de agosto del 2010 <http://www.cedarcreek.umn.edu/biblio/fulltext/t1856.pdf>
71. OPS Organización Panamericana de la Salud <http://new.paho.org/hq/index.php?lang=es>
72. Perú, Instituto Geofísico del Perú <http://www.met.igp.gob.pe/clima/HTML/piura.html>
73. Perú, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, Mapa fuente. carta geológica 10-c Las Lomas. Obtenido el 11 de abril del 2010 http://www.ingemmet.gob.pe/publicaciones/serie_a/mapas/indice.htm
74. Perú, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, información histórica del clima en Piura. Obtenida el 15 de junio del 2010 <http://www.senamhi.gob.pe>
75. Petitpas, Robert. 2010 Laboratorio Fauna Australis, Obtenido el 5 de abril del 2011 <http://www.scribd.com/doc/58571738/Fauna-Andina>.
76. Revista Peru biol.[online]. 2008, vol.15, no.2 [citado 01 Abril 2011], p.51-58. Obtenida el 11 de mayo del 2011 <http://www.ecologistasenaccion.org>.
77. USA, Conservation international Washington, DC Biodiversity Hotspots http://www.biodiversityhotspots.org/xp/hotspots/tumbes_choco/Pages/default.aspx.
78. USA Environmental Protection Agency EPA <http://www.epa.gov/espanol>.
79. Zorogastúa P., Barreda C., Quiroz R. 2000 Dinámica del bosque seco en Piura. Obtenida el 20 de agosto del 2010 <http://inm.cip.cgiar.org>.
80. Wikipedia Enciclopedia libre <http://www.wikipedia.org>.
Palo santo *Bursera graveolens* [www.wikipedia.org/wiki/Bursera graveolens](http://www.wikipedia.org/wiki/Bursera_graveolens)
81. Información sobre imágenes de vegetación obtenidas de páginas web.
Arabisco *Leucaena leucocephala* www.b-and-t-world-seeds.com , www.fao.org
Buganvilia *Bougainvillea peruviana* www.lamolina.edu.pe
Charán *Caesalpinia pai pai* www.bosquepuyango.ec.

Faique *Acacia macracantha* www.bosquepuyango.ec, www.plantesbotanique.org ,
www.worldwidewattle.com , www.gislab.fiu.edu
Overo *Cordia lutea* www.lookfordiagnosis.com
Parkinsonia *Parkinsonia aculeata* www.ag.arizona.edu, www.delange.org.
Porofillo *Erythrina smithiana* www.pflanzen-imweb.de.