

DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN EN SUELOS DE JALES MINEROS PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES EN ESPACIOS ABIERTOS CONTAMINADOS

¹Contreras López Christopher; ²López de Juambelz Rocío

¹Estudiante de Maestría del “Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura” de la Universidad Nacional Autónoma de México; ²Académico del “Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura” de la Universidad Nacional Autónoma de México

^{1,2}Circuito de Posgrados, Ciudad Universitaria, Unidad de Posgrado, Edificio “H” primer nivel, Delegación Coyoacán, 04510, México D.F.

e-mail: christophercl@hotmail.com

RESUMEN

Algunas ciudades mineras de México han experimentado recientemente una expansión demográfica acelerada, que ha provocado que sus manchas urbanas se expandan a sitios donde existen depósitos de residuos mineros (*jales*) y que estos lugares se ocupen para asentamientos humanos, lo cual provoca, entre muchos problemas, que en este tipo de suelo se generen tolveneras con partículas de polvo tóxicas para la salud, que no se desarrolle la vegetación debido a que la estructura del suelo no es adecuada por la falta de materia orgánica, lo compacto del suelo evita que las raíces se desarrollen, además de que las características físicas y químicas del suelo presentan metales pesados que afectan el crecimiento de las plantas; esto ocasiona, que las áreas verdes de los espacios abiertos previstas en los fraccionamientos, estén abandonadas debido a que sólo se puede construir sin vegetación o con materiales no permeables que eviten la filtración del agua a los jales mineros.

La vegetación en los espacios abiertos de estas urbanizaciones, evita las tolveneras y mejora las características del suelo mediante procesos de revegetación, por lo que el objetivo principal es obtener, mediante bioensayos factoriales de las plantas contra la concentración de jal, una paleta de especies vegetales capaces de desarrollarse sobre los depósitos de *jales* para mitigar sus efectos nocivos. Las especies a probar son: *Carpobrotus edulis* y *Sedum Praealtum*.

En estos bioensayos se miden las especies vegetales con cuatro tipos de mezclas de suelo, una con suelo contaminado, otra con suelo natural como testigo y dos con mezclas en diferentes porcentajes para mejorar la calidad del suelo contaminado. Se realizó una comparación de cada una de las muestras para determinar que especies son las que se adaptan a los suelos de jal, y qué tipo de mejoramiento en el suelo es el más apto para desarrollar una especie.

Los primeros resultados muestran que aun cuando las especies vegetales presentaron ciertas modificaciones morfológicas, éstas logran establecerse en el sustrato contaminado, por lo que con este tipo de vegetación se puede comenzar la recuperación de las áreas verdes de los espacios abiertos olvidados, además de obtener habitabilidad y conferir dignidad a estos lugares.

Keywords: Jales, contaminación, bioensayos, revegetación, recuperación del espacio.

1.- Los jales como *oblitopías*[1]

Alrededor de dos terceras partes del territorio mexicano se encuentra formado por rocas metamórficas, con las características geológicas adecuadas para la existencia de minerales, por lo que en 28 estados de la república se registran actividades mineras, las que se dispersan en alrededor de 300 municipios a lo largo del territorio, de los cuales 7 se fundaron por obra de la minería y posteriormente fueron elevados a la categoría de capitales de estado.[2] En cuanto a la variedad de producción minera se extraen 47 minerales diversos, de los que en su mayoría son metales preciosos como el oro y la plata.[3]

El sector minero es de gran importancia en la historia de México, la diversidad y abundancia de los minerales en el país siempre ha sido una de sus mayores riquezas, la minería tiene sus antecedentes desde los tiempos prehispánicos, el virreinato y tuvo su auge en la primera mitad del siglo XIX.[4] Esta actividad se ha centrado preferentemente en la metalurgia extractiva, principalmente de oro y plata, la cual ha dado por resultado desechos en forma de aguas de lodos de mina, donde se transportan sólidos y acumulan minerales, que son abandonados sin procesamiento alguno conocidos como escombreras o “jales” que son los residuos de los procesos de beneficio de la minería, que han sido resultado de tres periodos con distintos métodos para beneficiar el material: el primero del siglo XVI al XIX conocido como Beneficio de Patio basado en la separación de los minerales mediante el uso de mercurio como vehículo de amalgamación, seguida a la par de éste en el siglo XIX en un periodo de aproximadamente 50 años por medio del Beneficio por Toneles o método de Freiberg que es derivado del sistema de patio, y desde principios del siglo XX a la fecha el beneficio a base de molienda–flotación–cianuración, que es utilizada debido principalmente a la gran capacidad del ion de cianuro para formar complejos con la plata y el oro.[5]

El impacto ambiental ocasionado por los jales está asociado a factores como los métodos de beneficio utilizados y condiciones climáticas del sitio. Entre los problemas más notables se encuentra el esparcimiento de las partículas más finas del jal provocada por el viento produciendo erosión eólica en los depósitos que están dispuestos a cielo abierto, esto ocurre en zonas áridas principalmente; así como la generación de drenaje ácido y dispersión de partículas hacia los escurrimientos superficiales produciendo erosión hídrica en las zonas lluviosas. [6]

La ciudad de Pachuca en el estado de Hidalgo es la ciudad minera más cercana a la capital de México, se encuentra aproximadamente a 100km de ésta, debido a su proximidad, recibió un especial interés en la búsqueda de metales preciosos, base de las economías virreinal e independentista, y se transformó en el centro minero productor de plata más cercano a la capital del territorio, lo que facilitó la continuidad en la explotación de la plata. [7]

La expansión demográfica acelerada de las ciudades próximas a la capital de país ha provocado que las manchas urbanas crezcan aceleradamente, particularmente la ciudad de Pachuca en su desarrollo, primeramente rodeó y posteriormente ocupó los depósitos de residuos mineros, por lo que estas zonas actualmente se ocupan para asentamientos humanos lo cual provoca, además de la inestabilidad de las estructuras debido al suelo arcilloso, diferentes tipos de enfermedades ocasionadas por los minerales contaminantes en el suelo y en el agua,[8] independientemente de espacios sin áreas verdes, que conforman *oblitopías*, debido a la composición del suelo, esto contribuye a la propagación de polvo con minerales que pueden causar problemas a la salud.

El suelo no se renueva cotidianamente como la lluvia o la luz del sol; éste es un proceso lento y que debe de estar equilibrado con el desarrollo de la capa vegetal que lo cubre y a la cual sustenta, ya que conforman un binomio indisoluble, en

donde la existencia y evolución de uno depende de la otra. [9] Por esta razón es imprescindible coadyuvar en la recuperación del suelo y la revegetación del sitio, para que se inicie el proceso de la regeneración del espacio.

2.- Objetivos

Identificar los espacios destinados para áreas verdes dentro de los asentamientos humanos sobre depósitos de jales mineros

Definir las especies vegetales capaces de desarrollarse sobre los depósitos de residuos mineros para mitigar sus efectos nocivos, y así comenzar la recuperación de los espacios abiertos

Realizar los bioensayos factoriales en distintas concentraciones de suelo contaminado y mejoramiento

3.- Crecimiento urbano de la ciudad hacia los depósitos de jales

En 1912 los jales no se acumulaban sino que se derramaban al Río de las Avenidas, esparciéndose en un área muy amplia, varios kilómetros al sur de Pachuca, así que se formó una compañía que consideró conveniente almacenar los jales en un único depósito en el que convergieran todos los residuos de sus plantas en espera de mejorar la técnica que permitirá recobrar la plata que contenían. Dicha compañía se denominó “Asociación de Compañías Beneficiadoras de Pachuca, S.C.L., quien tomó los jales del Río de las Avenidas; sin embargo no fue posible almacenar todos los jales del río, especialmente durante la época de lluvias, así que sólo fue posible acumular parte de ellos.[10]

En este mismo año se comenzó el depósito de jales de “Santa Julia” planeado cinco kilómetros al sur de Pachuca, el cual se inició con una mezcla de los jales de los diversos molinos de las principales empresas mineras que trabajaban en el distrito. Para 1924, la compañía Real del Monte y Pachuca y San Rafael enviaban sus jales desde el molino de Loreto y San Rafael respectivamente, a través de una tubería de barro vidriado hasta el sur de la ciudad; a partir de ese año, el total de los jales de ambos molinos fueron almacenados en éste depósito.[11]

Para 1961, el tonelaje cubicado por la compañía Real del Monte y Pachuca era de 57 millones de toneladas, para el año de 1984 éste depósito ya contaba con dos presas, “Sur 1” y “Sur2” que ocupaban 391 hectáreas con más de 65 millones de toneladas.[12]

Finalmente a partir de 1985 a consecuencia de los sismos de la Ciudad de México, se ha observado un crecimiento muy fuerte en la ciudad abarcando una conurbación con los municipios cercanos y los depósitos de Jales que se encontraban en las afueras de la ciudad a mitad del siglo. [13]

Entre 1970 y 1990 aumenta la población de Pachuca considerablemente, se toma este lapso de tiempo debido a que el censo de 1980 tuvo múltiples deficiencias en su levantamiento, por lo que se considera un censo perdido por lo que sólo hay resultados hasta 1990 de la densidad de población, para este periodo la ciudad de Pachuca amplía considerablemente las fronteras de la ciudad, sobre todo hacia el sur, en dirección a la Ciudad de México. Se inician de igual forma el surgimiento de fraccionamientos colindantes con los jales mineros, como son: Infonavit Venta Prieta (1974) Ampliación Santa Julia (1975), San Javier (1981-1992), Juan C. Doria (1986) la Unidad Minera (1987) y mobiliario urbano como la Central Camionera (1977) y la Central de Abastos (1980).[14]

A partir de este periodo, comienza la especulación inmobiliaria hacia los jales mineros de la zona sur de la ciudad de Pachuca, sobre todo para satisfacer la necesidad de una población en aumento, debido a la migración de personas de la Ciudad de México y el Estado de México hacia Pachuca, por lo que el gobierno del

Estado de Hidalgo, comienza por donarle un terreno en colindancia con los residuos mineros al Tecnológico de Monterrey, aunado a la primera construcción sobre los terrenos de jal para la sede del Centro Minero Nacional junto con el fraccionamiento Unidad Minera en 1988. Para 1994 se construye, sobre lo que era la Presa de Jales de Santa Julia, lo que ahora es el Estadio Hidalgo y la Plaza del Valle, situación que dio un giro al uso de este tipo de suelos, ya que son propiedad privada de la Compañía Real del Monte y Pachuca, que viendo la decadencia de la minería, y la ubicación favorable de estos terrenos, decidieron emprender la labor de construir dos fraccionamientos sobre lo que sobraba de la Presa de Jales de Santa Julia y la Presa de Jales Norte, estos fraccionamientos actualmente se denominan La Moraleja y Puerta de Hierro, construidos en 2000; para 2005, se construye el CRIT Teletón de Hidalgo y un Gimnasio cerca del estadio Hidalgo; esto retoma el proyecto de convertir a los Jales en espacios para vivienda y equipamiento urbano. En 2013 se autorizó ocupar la Presa de Jales Sur y la Presa de Jales de Dos Carlos para construir dos fraccionamientos y así ocupar toda la zona de residuos mineros en la ciudad. [15] (fig.1)

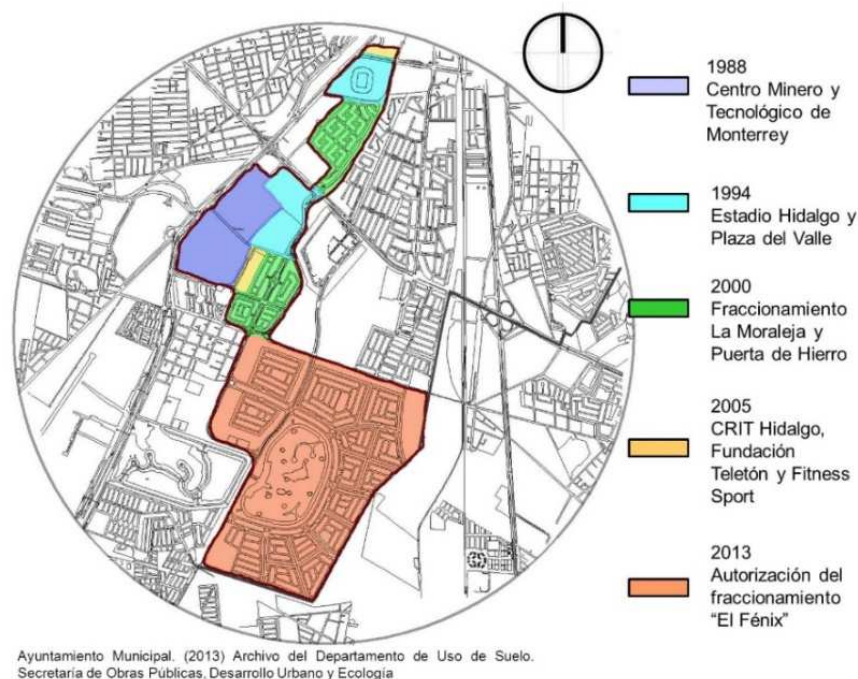


Fig. 1 "Intervención urbana en la zona de jales". Fuente: Ayuntamiento Municipal

4.- Caso de estudio

4.1.- Análisis visual

Se realizó un análisis visual en la zona de Jales Sur en la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, lo que conllevó a analizar uno de los fraccionamientos denominado "Puerta de Hierro" ubicado encima de los Jales mineros de la zona de Santa Julia, para ubicar los diferentes espacios abiertos olvidados en el lugar.

El lugar es el fraccionamiento "Puerta de Hierro" ubicado en la latitud $20^{\circ}5'26.51''$ N y longitud $98^{\circ}45'46.53''$ O, situado al sur de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, sobre los jales denominados "Presa Jales Norte, de Santa Julia" el cual tiene acceso paralelo a una vialidad primaria; tiene un clima BSw de la clasificación de E. García a partir de la de Köpen, que es cálido semiseco con rachas de viento de hasta 75km/hr que van del noreste al suroeste. [16]

En el fraccionamiento se identifica un deterioro de la imagen urbana, espacios sin habitar, una gran segmentación espacial, además de espacios sin tratamiento o diseño alguno; se identifica también una gran deterioro ambiental, poca o nula vegetación, además de las especies ruderales y cubresuelos sin mantenimiento; el fraccionamiento es de tipo residencial por lo que se nota un aforo vehicular, y tolveneras en la avenida próxima a este fraccionamiento. (fig. 2,3,4,5 y 6)



Fig. 2, 3, y 4 “Análisis visual” Fuente: Christopher Contreras, octubre 2014



Fig. 5 y 6 “Análisis visual” Fuente: Christopher Contreras, octubre de 2014

4.2.- Diagnóstico del sitio

El crecimiento de la ciudad de Pachuca hacia el sur debido principalmente a la cercanía con la Ciudad de México, ha dado como consecuencia que la mancha urbana rodee los “jales” (depósitos de residuos mineros), lo que provocó el establecimiento de unidades habitacionales y equipamiento urbano sobre éstos.

En la vivienda desarrollada en este entorno, se ubican espacios abiertos sin diseño alguno y deletéreos a la vegetación, y por consecuencia sin desarrollo de actividades humanas al aire libre, lo que los convierte en espacios oblitópicos.

Algunos aspectos negativos de estas zonas es la presencia de metales pesados en los espacios habitacionales, tolveneras que provocan problemas respiratorios, espacios sin diseño y abandonados, viviendas con grietas debido a la inestabilidad del suelo, espacios oblitópicos, introducción de especies sin criterios ambientales o de diseño y suelo deletéreo a la vegetación.

Sin embargo existen algunos aspectos positivos que se deben considerar de igual forma, como la presencia de vegetación ruderal, algunos experimentos han introducido especies como dalia, tagetes y cosmos que representan una alternativa para cubrir con vegetación y recuperar los espacios contaminados de jales; las características del suelo permiten el establecimiento de ciertas especies que sean capaces de reducir la disposición de los elementos tóxicos del suelo, además de mitigar el polvo y que estos espacios posibiliten la habitabilidad en éstos lugares.

5.- Selección de especies para el experimento

La ciudad de Pachuca de Soto en el estado de Hidalgo presenta una particularidad en la que, debido al crecimiento de la misma, se establecieron diferentes asentamientos humanos, formando varios fraccionamientos sobre la denominada

“Presa Jales Norte” que se ubica al sur de la ciudad con un aproximado de mil doscientas hectáreas. [17] En este lugar, la Universidad Autónoma Chapingo, realizó estudios de caracterización física y química de los suelos, y parámetros de vegetación, con lo que se realizó un levantamiento florístico en el cual se identificaron 25 especies vegetales pertenecientes a siete familias, siendo las más representativas la Asteraceae con nueve especies y la Poaceae con siete, en relación a este estudio se concluye que las propiedades físicas y químicas de los residuos de mina permiten el establecimiento de especies vegetales capaces de reducir la disposición de elementos potencialmente tóxicos en el suelo y el aire, al favorecer la acumulación de las mismas en sus tejidos, por lo que sugieren utilizar las especies estudiadas para la revegetación del depósito de residuos mineros. [18] Otra publicación independiente realizó el estudio en el mismo lugar acerca del crecimiento de plantas ornamentales, en el que el objetivo fue evaluar el efecto de los metales pesados contenidos dentro de los depósitos de residuos mineros en la emergencia y desarrollo de las especies de dalia, tagetes y cosmos, con el propósito de evaluar su utilización como plantas que posibiliten la revegetación. El resultado mostró que estas tres especies acumularon en sus tejidos altas concentraciones de metales pesados, en las especies de cosmos y tagetes la emergencia disminuyó en contraste con la dalia que presentó mayor porcentaje de emergencia, además de presentar porcentajes muy parecidos a los anteriores con la dinámica de crecimiento, por lo que aunque éstas especies presenten modificaciones fisiológicas y morfológicas, pueden establecerse en sustratos contaminados,[19] sin embargo el estudio no muestra el efecto de las especies en todo su ciclo de vida, para realmente conocer su comportamiento y utilidad en la revegetación del suelo.

A partir de lo anterior, se puede establecer que es posible introducir especies con habilidad para emerger sobre sustratos de residuos mineros e iniciar su crecimiento, así como acumular diferentes metales, sin embargo, las especies presentadas en los anteriores trabajos no son ornamentales y no pueden cubrir los suelos a lo largo del año, por lo que se debe buscar especies vegetales, en primer lugar que tengan resistencia a cualquier tipo de clima, suelo y temperatura, además de que puedan servir como cubresuelos todo el año.

La elección de las dos especies se da por sus características físicas y adaptabilidad a condiciones extremas, donde la mayoría de plantas no sobreviviría. Se seleccionan las especies *Carpobrotus edulis* (L.) L. Bolus y *Sedum praealtum* A. DC.[20] (Tabla 1)

| nombre científico | nombre común | familia | tipo | dimensión cm | | floración | necesidades | |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|-----------|-------------|---------|
| | | | | h | diámetro | | suelo | sol |
| <i>Carpobrotus edulis</i> (L.) L. Bolus | dedomoro | Aizoaceae | perennifolio | 15 | 30 | varios | cualquiera | directo |
| <i>Sedum praealtum</i> A. DC. | siempre viva | Crassulaceae | perennifolio | 80 | 50 | amarilla | cualquiera | directo |

Tabla 1 “Elección de especies”

6.- Bioensayos

6.1.- Descripción general del experimento

El principal problema es que en este tipo de suelo se generen tolvánas con partículas de polvo tóxicas para la salud por lo que es imprescindible evitar las tolvánas y mejorar las características del suelo mediante procesos de revegetación. En este sentido se diseñó un experimento factorial que permite

observar el desarrollo de *Carpobrotus edulis* y *Sedum praealtum* y su relación con cuatro concentraciones de suelo.

- Suelo contaminante (jal de mina)
- Sustrato como mejoramiento
- 80% de jal con 20% de mejoramiento
- 60% de jal con 40% de mejoramiento

6.2.- Ubicación del sitio experimental

La estación experimental está situada en la Ciudad de México, en la azotea del edificio "J", de la Unidad de Posgrado, calle Circuito de Posgrados, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México D.F., con coordenadas geográficas 19°18'33.36" Norte y 99°11'5.70" Oeste.

Aunque los fraccionamientos con el problema de suelo contaminado están ubicados en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, el experimento se sitúa en un lugar con un clima muy parecido, así que esta variable no altera el resultado ya que la temperatura media tanto en Ciudad Universitaria como en Pachuca oscila entre los 14.5°C y 16.0°C y la precipitación anual entre los 450 y 600mm en ambas ciudades. Además se escogió a Ciudad Universitaria para la periódica medición y captura de datos del experimento.

6.3.- Experimento Factorial

Para la elaboración del experimento factorial y la medición de los resultados se utilizaron los siguientes materiales: (Tabla 2)

| No | Material | Marca / Procedencia |
|----|--|----------------------------------|
| 1 | Charola hidropónica de plástico de 80cm x 80cm por 10cm de profundidad | AVELOP prefabricados de plástico |
| 2 | Suelo de jal | Presa Jales Norte, Pachuca |
| 3 | Tierra Negra | Jardines Flotantes Xochimilco |
| 4 | Hoja de encino | Jardines Flotantes Xochimilco |
| 5 | Abono de borrego | Jardines Flotantes Xochimilco |
| 6 | Agrolita | Hidro environment SA de CV |
| 7 | Arena de río | Jardines Flotantes Xochimilco |
| 8 | Plantas <i>Carpobrotus edulis</i> | Donadas por el vivero bajo UNAM |
| 9 | Plantas <i>Sedum praealtum</i> | Donadas por el vivero bajo UNAM |
| 10 | Taladro | Makita |
| 11 | Broca | Trupper |
| 12 | Pala para volteo | Trupper |
| 13 | Botes de 19lt | S/M |
| 14 | Tijeras de mano | Barrilito |
| 15 | Geotextil | IML Ingeniería |

Tabla 2 "Materiales a utilizar"

Una vez obtenidos todos los materiales se procedió a realizar las mezclas del sustrato de mejoramiento el cual está compuesto por:

- Mineral: tierra negra
- Materia orgánica: hoja de encino y abono de borrego
- Drenante: agrolita y arena de río (tabla 3)

| 1/3 MINERAL | 1/3 MATERIA ORGÁNICA | 1/3 DRENANTE |
|--------------|----------------------|--------------|
| Tierra negra | 2/3 Hoja de encino | 1/2 Agrolita |
| | 1/3 Abono de borrego | 1/2 Arena |

Tabla 3 “Proporciones para mejoramiento de sustrato” [21]

Entonces para obtener la mezcla para el sustrato de mejoramiento se utilizaron 18 medidas, de las cuales 6 medidas fueron de tierra negra, 4 medidas de hoja de encino, 2 medidas de abono de borrego, 3 medidas de agrolita y 3 medidas de arena, después de agregar todos los materiales se revuelven con una pala a cinco volteos que aseguran una mezcla homogénea. (fig. 7 y 8)

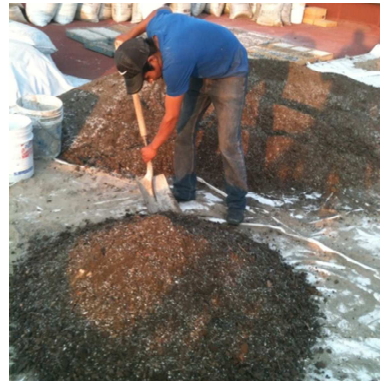


Fig. 7 y 8 “Mezclas de suelo”. Fuente: Christopher Contreras, enero 2015

Se cortaron 48 cuadros de geotextil de 80cm x 80cm, que se colocan entre el sustrato y la charola para evitar pérdida de finos durante el riego, además de que se realizaron un promedio de 25 agujeros en retícula de 20x20cm a las charolas con el propósito de drenar y eliminar el excedente de agua producido por la lluvia. (fig. 9 y 10)



Fig. 9 “Colocación de geotextil”



Fig. 10 “Retícula drenante”

6.4.- Concentraciones

La primera concentración es a base exclusivamente de suelo de jal para probar el crecimiento de las plantas sin ningún tipo de mejoramiento.(fig. 11 y 12)



Fig. 11 y 12 “Primera concentración”. Fuente: Christopher Contreras, enero 2015

La segunda concentración es la base, la cual tiene los elementos necesarios para el desarrollo vegetal y está compuesta por una mezcla de materiales ya mencionados (fig. 13 y 14)



Fig. 13 y 14 “Segunda concentración”. Fuente: Christopher Contreras, enero 2015

La tercera concentración es una mezcla con 80% de jal y 20% de mejoramiento que se revolvió a 5 volteos para asegurar su homogeneidad. (fig. 15 y 16)



Fig. 15 y 16 “Tercera concentración”. Fuente: Christopher Contreras, enero 2015

La cuarta concentración es una mezcla de 60% de jal y 40% de mejoramiento que se revolvió con el mismo procedimiento que la tercera. (fig. 17 y 18)



Fig. 17 y 18 “Cuarta concentración”. Fuente: Christopher Contreras, enero 2015

Se realizaron las mezclas a 20% y 40% de mejoramiento únicamente debido a que a partir del 50% de mezcla de mejoramiento con jal, sería incosteable para los habitantes de los fraccionamientos sobre los depósitos de jales mineros.

6.5.- Plantación

La densidad de las plantas por charola se calcula con base en la talla adulta de las especies, lo que permite plantar a marco real 9 plantas por charola, de esta forma se garantiza la cobertura total de la charola evitando la competencia. (fig. 19, 20 y 21)



Fig. 19, 20 y 21 “Plantación de *Sedum praealtum*”. Fuente: christopher Contreras, enero 2015

Cada charola cuenta con 9 especies y se realizan 6 repeticiones por cada una de las 4 concentraciones, lo que hace un total de 24 charolas y 216 plantas por especie. (fig. 22, 23 y 24)



Fig. 22, 23 y 24 “Plantación de *Carpobrotus edulis*”. Fuente: Christopher Contreras, enero 2015

Para el desarrollo de las plantas se registra en campo mediante una tabla de medición de comportamiento mensual de cada individuo tomando en cuenta la altura y el ancho en centímetros.

7.- Conclusiones

Para el primer mes de crecimiento de las plantas únicamente se obtuvo la supervivencia de los ejemplares en ambas especies en las concentraciones uno, tres y cuatro, en la concentración número dos se observa un crecimiento adecuado. La habilidad observada en estas especies para iniciar su crecimiento en suelos contaminados, permite sugerir su uso para cubrir los suelos de jal de las áreas verdes en espacios abiertos sobre estos asentamientos humanos. No obstante el experimento a largo plazo, considerando el ciclo de vida completo de las plantas, y con más especies, servirá para conocer su comportamiento y utilidad en la revegetación, además de la obtención de una paleta vegetal capaz de adaptarse a este tipo de suelos y poder tener diferentes opciones de vegetación para proyectar las áreas verdes de los espacios abiertos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está bajo el auspicio del proyecto PAPIME 9PE401613, “Consolidación del laboratorio para la conservación del patrimonio natural y cultural”, en la línea de investigación “Apoyo al proceso de conservación de la región Zempoala –Pachuca, Hidalgo, México”. Campo de Conocimiento en Diseño Arquitectónico del Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura. UNAM. México.

Esta investigación es parte del tema de tesis “Oblitopías, recuperación del espacio abierto contaminado en asentamientos humanos ubicados sobre depósitos de jales mineros”. Agradecimientos especiales al M. en Arq. Alejandro Cabeza Pérez quien ha sido parte fundamental de esta investigación y al Dr. Juan Hernández Ávila por facilitar publicaciones que han sido base para la elaboración del trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Oblitopía, neologismo que se utilizó la Dra. En Arq. Rocío López de Juambelz para designar a los espacios olvidados en su tesis de Maestría en Arquitectura: López de Juambelz, R. (2004). Taludes: Aspectos formales y técnicos. México: UNAM.
- [2] León Portilla, M., Gurría Lacroix, J., Moreno, R., & Madero Bracho, E. (1978). La minería en México, Estudios sobre su desarrollo histórico. México: Dirección General de Publicaciones UNAM.
- [3] Ibid.: pag. 168
- [4] Muro Riuz, E. (2002). La minería mexicana, su evolución, retos y perspectivas. México: Instituto de Investigaciones Jurídicas UNAM.
- [5] Hernández Ávila, J. (2012). Caracterización de la escombrera de Velazco en el estado de Hidalgo y uso industrial alterno como material de construcción. V encuentro de investigación del AACTyM
- [6] Ángeles Chávez, D. (2012). Estudio de características geológico-ambientales del depósito de jal Dos Carlos, distrito minero Pachuca-Real del Monte. Pachuca: Instituto de Ciencias Básicas UAEH.
- [7] Saavedra Silva, E. E., & Sánchez Salazar, M. T. (2008). Minería y Espacio en el distrito minero de Pachuca-Real del Monte en el siglo XIX. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM(65), 82-101.
- [8] Rodríguez Elizalde, M., Delgado Alvarado, M., González Chávez, A., Carrillo González, R., Mejía Muñoz, J., & Vargas Hernández, M. (2010). Emergencia y crecimiento de plantas ornamentales en sustratos contaminados con residuos de mina. INTERCIENCIA 35(1).

- [9] Cabeza Pérez, A. (1993). Elementos para el diseño de paisaje. México: Trillas.
- [10] Ángeles Chávez, D. (2012). Op. cit.: pags. 3-5
- [11] Ibid.: pag. 5
- [12] Ibid.: pag. 7
- [13] Lorenzo Monterrubio, A. (1995). Evolución Urbana de la Ciudad de Pachuca. Pachuca: Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Hidalgo. Pag.:11
- [14] Hidalgo, G. d. (noviembre de 2013). Enciclopedia de los municipios de México. Obtenido de Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto: Intranet.e-hidalgo-gob-mx/enciclomuni/municipios/13048a.htm
- [15] Ibid.
- [16] López de Juambelz, R., & Cabeza Pérez, A. (1998). La vegetación en el diseño de espacios exteriores. México: Facultad de Arquitectura UNAM.
- [17] Hernández Ávila, J. (2012). Op. Cit.: pags.: 3-4
- [18] Hernández Acosta, E., Mondragón Romero, E., Cristóbal Acevedo, D., Rubiños Panta, J., & Robledo Santoyo, E. (2009). Vegetación, residuos de mina y elementos potencialmente tóxicos de un jal de Pachuca, Hidalgo, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(2).
- [19] Rodríguez Elizalde, M. (2010) Op.Cit.: pag.: 31
- [20] Snodgrass, E. (2006). Green Roof Plants. Portland: Timber Press. Pag.: 53
- [21] Palomino Ramírez, B. (2012). Aplicaciones paisajísticas del género sedum para el aligeramiento de sustratos sobre azoteas verdes. México: Facultad de Arquitectura UNAM.