

**Universidad
Autónoma
Metropolitana**



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

Especialización, Maestría y Doctorado En Diseño

IMPLEMENTACIÓN DE GEOTEXTILES EN EL PAISAJE COMO UNA ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

Violeta Hernández Benítez

Tesis para optar por el grado de Maestra en Diseño
Posgrado en Diseño, Planificación y Conservación de Paisajes y Jardines

Miembros del Jurado:

Dr. Isaac Acosta Fuentes

Director de tesis

Dr. Vicente Jorge Sanchis Rico
Mtro. Roberto Gustavo Barnard Amosurrutia
Mtra. Karla Hinojosa de la Garza
Mtra. Luisa Sandoval Morán

Ciudad de México

marzo 2021

Dedicatorias:

A mi madre:

Te dedico este trabajo por tu apoyo incondicional en todos mis planes y aventuras. Por tu gran amor y tus consejos sabios. Por tu noble ejemplo de superación, crecimiento y fortaleza. Te doy las gracias infinitas con este trabajo muestra del carácter y dedicación que ha forjado en mi tu ejemplo.

A mi amigo fiel:

A Momito por su fiel compañía en mis noches de trabajo, por su amor incondicional y desinteresado. Por todas las alegrías que me regala. Por hacerme una mejor persona. Gracias por haber llegado a mi vida.

Agradecimientos

Estoy plenamente agradecida con todas las personas que con su apoyo ayudaron a que este trabajo fuera posible.

Gracias a la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco y al Posgrado en Diseño, Planificación y Conservación de Paisajes y Jardines por haberme brindado la oportunidad de desarrollar un sueño.

Gracias al Dr. Isaac Acosta Fuentes por instruirme noblemente a través de esta gran empresa. Por escucharme, apoyarme y creer en mi trabajo.

Gracias a Jacki y a Abril por su amistad, su compañía y su apoyo que sin duda hicieron de esta etapa algo meramente agradable.

Gracias al Dr. Vicente Jorge Sanchis Rico por haberme contactado y brindarme la oportunidad de conocer a la gran persona y líder que es.

Gracias al Dr. Saúl Alcántara Onofre por ser un hacedor de oportunidades y apoyar puntualmente a los estudiantes.

Gracias a la Mtra. Karla Hinojosa por las aportaciones hechas a este trabajo de investigación.

Gracias al Dr. José Luis Luna Montoya y al Laboratorio de Suelos y Agua del Colegio de Geografía, UNAM, por su apoyo para poder llevar a cabo el desarrollo experimental de este proyecto.

Gracias al Ing. Edgar Ricardo Rodríguez Islas por haberme brindarme su apoyo y su compañerismo.

Gracias a Textiles Técnicos S.A. de C.V. por abrirme las puertas y darme la oportunidad de conocer a una gran empresa mexicana.

Gracia a Franature A.C. y al Grupo Ambientalista Sierra de Guadalupe, A.C. por el tiempo dedicado para poder compartir sus ideas.

**“...el paisaje no es algo que está ahí
ni es algo que se encuentra.
Por el contrario, es algo que se urde,
trama y entrelaza;
se articula, se idea y, por sobre todo,
se confecciona.”**

(Romy Hecht M, El paisaje no se encuentra, se confecciona, LOFscapes)

Resumen

Este trabajo surge como una motivación para crear mejores herramientas que ayuden a la conservación de nuestros paisajes en México. Una de sus principales finalidades es revelar la fisionomía del geotextil para que el lector pueda conocer y posteriormente proponer nuevas formas de su uso en la conservación y mejoramiento del paisaje nacional.

Si bien este proyecto no particulariza el estudio de un tipo de paisaje en concreto, se busca que la investigación sea inclusiva para que el lector pueda analizar la influencia que pueden tener los geotextiles en el mejoramiento del aspecto sensible y ambiental en cualquier tipo de paisaje.

Uno de los objetivos principales es mostrar como el uso de los geotextiles para aplicaciones en el paisaje se ha diversificado bastante en los últimos años, incrementando la demanda por el uso de fibras naturales para tratar problemas puntuales como el control de la erosión, la revegetación y la recuperación de vegetación nativa o endémica en diversas zonas.

Este fenómeno responde a una demanda global por el uso de materiales que ayuden a amortiguar y mejorar la calidad de los suelos propensos a la degradación y a la erosión por factores naturales y antrópicos.

Mediante esta investigación se busca mostrar como el uso de geotextiles es una estrategia eficiente para el mejoramiento y conservación del paisaje mediante el control de la erosión y la recuperación de vegetación nativa en diferentes suelos de tipo andosol y litosol.

El trabajo está desarrollado en tres etapas en las cuales se busca desarrollar y obtener información sustancial de los geotextiles como el planteamiento documental, el desarrollo experimental y la ejemplificación de su uso en la recuperación de vegetación mediante la propuesta de un muro verde natural.

De esta manera, en la primera etapa se desarrolla información fundamental sobre los geotextiles donde se plantean conceptos básicos como sus principales funciones, sus aplicaciones y la clasificación de fibras utilizadas para su fabricación.

También se visualizan algunas de las últimas innovaciones y propuestas en el ámbito internacional para el desarrollo y mejoramiento de la funcionalidad de los geotextiles. De igual forma se exploran algunos ejemplos de aplicación para proyectos nacionales e internacionales.

La segunda etapa formula un método experimental en el que se diseñan una serie de módulos experimentales donde se ponen a prueba el uso de geotextiles para el control de la erosión en condiciones reales de riego, luz solar y vegetación, usando a su vez dos tipos de suelos comunes en el Valle de México de tipo andosol y litosol.

Finalmente, en la tercera y última etapa se aborda a modo de ejemplo, un caso de aplicación de geotextiles para la instalación de un muro verde natural en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, en el municipio de Coacalco Estado de México, donde se plantea su uso para el control de la erosión y la recuperación de vegetación nativa en una zona degradada del Sendero Guadalupe.

Se espera que la información documentada permita ampliar el criterio para el uso de geotextiles haciendo más fundamental su aplicación en proyectos y en el diseño del paisaje en México.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	13	1.5.4. Paisaje urbano	61
OBJETIVOS.....	15	1.5.5. El paisaje y los geotextiles	61
CAPÍTULO 1. GEOTEXTILES Y EL PAISAJE.....	16	1.6. PROYECTOS INTERNACIONALES.....	62
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17	1.7. PROYECTOS NACIONALES.....	65
1.1. INTRODUCCIÓN A LOS GEOTEXTILES	18	1.8. DESARROLLO E INVESTIGACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE GEOTEXTILES.....	68
1.1.1. Geotextiles.....	19	1.8.1. Geosintéticos elaborados en impresoras 3d.....	68
1.1.2. Propiedades de los Geotextiles.....	22	1.8.2. Geosintéticos multicapa	69
1.1.3. Clasificación de los Geotextiles según su composición.....	23	1.8.3. Geotextiles con sensores integrados.....	69
1.1.4. Clasificación de los Geotextiles de acuerdo con el tipo de tejido.....	26	CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN GEOTEXTIL EN UN DISEÑO EXPERIMENTAL.....	72
1.1.5. Clasificación de los Geotextiles según su masa.....	29	2.1. DESARROLLO EXPERIMENTAL	72
1.1.6. Propiedades de resistencia de los Geotextiles.....	29	2.1.1. Primera etapa. Delimitación y preparación del área de estudio.....	76
1.1.7. Degradación de los Geotextiles.....	30	2.1.2 Segunda etapa. Instalación de los geotextiles	77
1.1.8. Funciones y aplicaciones de los Geotextiles	32	2.1.3. Tercera etapa. Establecimiento de la vegetación	78
1.2. GEOTEXTILES EN EL PAISAJE	34	2.1.4. Cuarta etapa. Evaluación y monitoreo	79
1.2.1. Criterios para la selección de un geotextil en un proyecto de paisaje.....	34	2.2. OBTENCIÓN DE RESULTADOS.....	81
1.3. INSTALACIÓN DE LOS GEOTEXTILES.....	43	2.3. ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DEL GEOTEXTIL	97
1.4. GEOTEXTILES EN LA ACTUALIDAD.....	49	CAPÍTULO 3. Propuesta de diseño de instalación de un muro verde natural con Geotextiles en el Sendero Guadalupe. (Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Coacalco, Edo de México)	100
1.4.1. Control de la erosión.....	50	3.1. INTRODUCCIÓN.....	100
1.4.2. Geotextiles pretratados y revegetación	52	3.2. PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE	102
1.4.3. Bolsas de filtro de deshidratación de sedimentos y lodos	54	3.2.1. Análisis ambiental.....	105
1.4.4. Retención de sedimentos	54	3.2.2. Análisis urbano	120
1.4.5. Geotextiles anti hierbas.....	55	3.2.3. Organismos involucrados	126
1.4.6. Delimitación de raíces	56	3.3. DIAGNÓSTICO DEL POLÍGONO DE INTERVENCIÓN PROPUESTO: SENDERO GUADALUPE. PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE, COACALCO.	127
1.4.7. Refuerzo para césped.....	58	3.3.1. Ubicación	127
1.4.8. Modelado de suelos.....	58	3.3.2. Sitios de interés	129
1.4.9. Retención de agua.....	59	3.3.3. Características del paisaje	132
1.5. EL PAISAJE Y LOS GEOTEXTILES.....	59	3.3.4. Análisis de los Componentes del paisaje	132
1.5.1. Paisaje	59	3.4. PROPUESTA DE DISEÑO. INSTALACIÓN DE UN MURO VERDE NATURAL CON GEOTEXTILES EN EL SENDERO GUADALUPE. PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE, COACALCO.	149
1.5.2. Paisaje cultural.....	61	3.4.1. El caso	150
1.5.3. Paisaje rural	61		

3.4.2. El problema	153
3.4.3. La hipótesis.....	157
3.4.4. La propuesta de diseño. Instalación de un muro verde con geotextiles.....	157

CONCLUSIONES	183
ANEXOS.....	186
BIBLIOGRAFÍA.....	191

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1. Adaptado de Fibras textiles. (2020). Ejemplo de diferentes fibras textiles. Shutterstock; Freepik; Pexels. CCO	19	Imagen 18. Adaptado de Diferentes colores de Geotextiles, por Anping Xingmao Metal Wire Mesh Co., Ltd; Shutterstock; Terram; Coirfed	42
Imagen 2. Grimson, M.J. Fotografía SEM de un tejido textil. Recuperado de: https://www.cottonworks.com/wp-content/uploads/2017/11/4-Textile_Processing.pdf	20	Imagen 19. Habitissimo. España. Instalación de geotextil y césped artificial en Ayulebel. Recuperado de: https://fotos.habitissimo.es/foto/instalacion-geotextil-y-cesped-artificial_1455289	43
Imagen 3. Grimson, M.J. Fotografía SEM de un hilo textil. Recuperado de: https://www.cottonworks.com/wp-content/uploads/2017/11/4-Textile_Processing.pdf	20	Imagen 20. Distriladam. Procesos de instalación de un geotextil para la adecuación de reservorio de agua. Colombia. Recuperado de: https://www.distriladam.com/procesos-de-instalacion	44
Imagen 4. Grimson, M.J. Fotografía SEM de un No tejido elaborado mediante fusión térmica. Recuperado de: https://www.cottonworks.com/wp-content/uploads/2017/11/4-Textile_Processing.pdf	21	Imagen 21. Saforguia. Instalación de lonas de geotextil. España. Recuperado de: https://saforguia.com/art/60282/la-chj-empieza-a-instalar-lonas-de-geotextil-en-la-actuacion-del-serpis-en-villalonga-contra-las-canass	44
Imagen 5. TexTec. Espesor de un Geotextil de calibre 250 g/m2. Recuperado de: https://www.textec.mx/	22	Imagen 22. Coirfed. Geotextil de coco para control de erosión. India Recuperado de: https://coirfed.com/products?category=COIR-GEOTEXTILES	45
Imagen 6. TexTec. Geotextil de fibras de lino. Recuperado de: https://www.textec.mx/	23	Imagen 23. Mark Backus. Serpiente enredada en el plástico de una red de control de erosión. Recuperado de: https://documents.coastal.ca.gov/assets/water-quality/permits/Wildlife-Friendly_Netting_in_Erosion_&_Sediment_Control-Factsheet_r5_Sept_2016.pdf	46
Imagen 7. OntarioAgra. Aplicación de un Geotextil. Recuperado de: https://www.ontarioagra.ca/geotextile-examples-2	24	Imagen 24. INFOBAE. Jardines sobre el concreto. México. Recuperado de: https://www.infobae.com/america/mexico/2019/07/02/jardines-sobre-el-concreto-la-idea-disruptiva-que-oxigena-a-la-frenetica-ciudad-de-mexico/	47
Imagen 8. Macaria. Proceso de fabricación de tela a partir de botellas de PET recicladas. Recuperado de: https://macaria.com.co/nuestra-naturaleza/	25	Imagen 25. Dheera Coir Industries. India. Aplicación de Geotextiles para el control de la erosión hídrica en un Estanque. Recuperado de: https://www.indiamart.com/proddetail/coir-geotextiles-matting-erosion-control-15431028091.html	50
Imagen 9. Adaptado de Geotextil Tejido GTX, por Artafil. Recuperado de: https://www.atarfil.com/producto/geotextil-tejido-gtx-w/	26	Imagen 26. Tex Delta. España. Ejemplo de aplicación de Geotextiles para el control de la erosión y revegetación. Recuperado de: https://texdelta.com/biomalla-para-erosion-en-taludes-laderas-y-en-suelos/	51
Imagen 10. Tomado de GEOTEXTIL TEJIDO ALTA RESISTENCIA QUIMICA. Recuperado de: https://arpimix.com/productos/geotextil-tejido/	27	Imagen 27. Arpimix. México. Geomantas para el control de la erosión. Recuperado de: https://arpimix.com/productos/geomanta-tridimensional/	51
Imagen 11. Adaptado de Geotextil No Tejido, por Geosai. Recuperado de: https://www.geosai.com/productos/geotextiles/captura-de-pantalla-2016-04-27-a-las-21-18-54/	28	Imagen 28. Bonterra Ibérica SL. España. Malla volumétrica presemillada. Recuperado de: https://www.controlerosion.es/productos/mallas-volumetricas	52
Imagen 12. Typar. Comparación de la degradación entre dos Geotextiles diferentes. Recuperado de: http://www.typargeosynthetics.com	30	Imagen 29. Hydrosaat. Suiza. Instalación de un sistema Xeroflor. Recuperado de: https://hydrosaat.ch/de/portfolio-items/dachbegruenung-xeroflor/	52
Imagen 13. Geotex 2000. Phaths and Parking. Recuperado de: https://www.geotex2000.com/en/home-and-garden/	33	Imagen 30. Bonterra Ibérica SL. España. Colocación de Geotextiles para fitodepuración de un estanque. Recuperado de: https://www.controlerosion.es	53
Imagen 14. Uso de geotextiles para el mejoramiento de un paisaje rural en India. Recuperado de: https://www.academia.edu/32698717/PERKEMBANGAN_INDUSTRI_DAN_LINGKUNGAN_SUMBERDAYA_ALAM_DAN_CADANGAN_HAYATI_PT_SEMEN_BATURAJA	36	Imagen 31. GeiWorks. EEUU. Bolsa de deshidratación. Recuperado de: https://www.solhutec.com/	54
Imagen 15. Pondkeeper. (2011). Tránsito de animales sobre un Geotextil. Recuperado de: https://www.pondkeeper.co.uk	39	Imagen 32. GeiWorks. EEUU. Bolsa de deshidratación. Recuperado de: https://www.solhutec.com/	54
Imagen 16. CocoPlanet. Vegetación creciendo sobre el tejido de un Geotextil de coco. Recuperado de: https://cocoplanete.com/geotextiles.html	40	Imagen 33. TerramGeosynthetics. Geotextil para control de raíces. Recuperado de: https://www.terramgeosynthetics.com	55
Imagen 17. TesTex. Esquema del coeficiente de permeabilidad en un tejido. Recuperado de: https://www.testextextile.com	41	Imagen 34. TerramGeosynthetics. Geotextil para control de raíces. Recuperado de: https://www.terramgeosynthetics.com	56

Imagen 35. Adaptado de Mantas térmicas, por Pampols; Thrace Group. Recuperado de: https://www.thracegroup.com	57	Imagen 60. Medición de la erosión mediante el método de clavos y rondanas. Fuente: creación propia.	94
Imagen 36. Geotrstes. Geotextil para césped. Recuperado de: http://m.geotrstes.com	58	Imagen 61. La altura del clavo en los módulos con geotextil se mantuvo casi intacta. Fuente: foto tomada por la autora.	96
Imagen 37. Tenax. Geotextil para modelado de suelo. Recuperado de: https://www.tenax.net/en/geosynthetics/	58	Imagen 62. Paisaje del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.	100
Imagen 38. Digebis. Malla geotextil retenedora de agua. Recuperado de: https://www.digebis.com/	59	Imagen 63. Velasco, J.M (1840 – 1912). Vista del valle de México desde la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: https://franzmayer.org.mx/blog/vista-del-valle-de-mexico-desde-la-sierra-de-guadalupe/	102
Imagen 39. Hydrosaat AG de St. Ursen. Aplicación de geotextiles de coco para la recuperación de vegetación en el paisaje de Grimsel, Suiza. Recuperado de: https://hydrosaat.ch/de/	60	Imagen 64. INAH. Deidades del Códice de Teotenantzin. Siglo XVIII. Códice de Teotenantzin. Recuperado de: https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/codice%3A643	103
Imagen 40. Projar. Zona ajardinada. Recuperado de: https://www.projar.es	62	Imagen 65. Ramón Almaraz. 1867. Mapa de la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: https://i.pinimg.com/originals/97/8e/bb/978ebbe89377d8a5fc69a1da93c233a0.jpg	104
Imagen 41. Projar. Islas flotantes. Recuperado de: https://www.projar.es	63	Imagen 66. Plano topográfico del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: https://www.naturalista.mx	106
Imagen 42. Projar. MALLA ANTIHERBAS DUPONT™ PLANTEX®. Recuperado de: https://www.projar.es	63	Imagen 67. INEGI. (2020). Mapa de la hidrografía de la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/	108
Imagen 43. Projar. PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL DEL MARGEN DERECHO DEL RÍO JÚCAR. Recuperado de: https://www.projar.es	64	Imagen 68. En la Sierra de Guadalupe convergen especies nativas, endémicas y exóticas. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.	114
Imagen 44. Protección anti hierbas en el Jardín Botánico de la UNAM. (2018). Coyoacán, Ciudad de México. Fuente: creación propia.	65	Imagen 69. Algunos animales introducidos en la Sierra han sido los perros y lo caballos. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora	115
Imagen 45. Geomembranas mexicanas. Impermeabilización con geomembrana de PVC para azoteas verdes. Recuperado de: https://geomembranasmexicanas.com	66	Imagen 70. La Sierra de Guadalupe es hogar de especies importantes de lepidópteros. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.	116
Imagen 46. MI ingeniería. Control de erosión en talud reforzado. Recuperado de: https://mlingenieria.com	67	Imagen 71. Vegetación dañada después de un incendio forestal en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora	117
Imagen 47. Fowmes G. Geosintético elaborado en una impresora 3D. Recuperado de: https://www.geosynthetica.com	68	Imagen 72. Usuarios de la Sierra de la Sierra de Guadalupe en un evento deportivo. Julio de 2019. Coacalco. Fuente: foto tomada por la autora.	118
Imagen 48. Huesker. Geosintético multicapas con carbón activado. Fuente: https://www.huesker.com	69	Imagen 73. Ex basurero en Tultitlan en parte baja de Sierra de Guadalupe. Octubre de 2016. Fuente: https://perfilurbano.com.mx/gobierno-de-tultitlan-protecte-la-sierra-de-guadalupe-y-la-salud-de-las-familias-tultitlenses/	119
Imagen 49. Fuggini C. (2016). Uso de geotextiles para la prevención de fallas en terraplenes ferroviarios. Recuperado de: https://www.researchgate.net/	69	Imagen 74. Infraestructura preventiva pluvial en Sierra de Guadalupe. Julio de 2019. Fuente: foto tomada por la autora.	121
Imagen 50. GeoDetect. Geotextiles para monitoreo geotécnico. Recuperado de: https://www.tencategeo.com	70	Imagen 75. Centro Ecoturístico y de Educación Ambiental Sierra de Guadalupe. 2014. Coacalco, Edo. De México. Recuperado de: https://continuamosmx.blogspot.com/2014/01/eruviel-y-pablo-basanez-instalaran.html	123
Imagen 51. Jaspalache Sedum moranense. Recuperado de: https://www.naturalista.mx/taxa/203990-Sedum-moranense	72	Imagen 76. Proyecto de mejoramiento ambiental en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, CDMX. 2019. Recuperado de: https://mxcity.mx/2019/02/las-cuatro-areas-verdes-que-pronto-seran-renovadas-para-los-ciudadanos/	124
Imagen 52. Diseño de un módulo para experimentación con geotextiles. Fuente: creación propia	73	Imagen 77. Inicio del Sendero Guadalupe Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Marzo 2020. Fuente: foto tomada por la autora.	127
Imagen 53. Proceso de preparación de los módulos experimentales. Fuente: creación propia.	76		
Imagen 54. Implementación de la vegetación en los módulos experimentales. Fuente: creación propia.	78		
Imagen 55. Medidor digital de suelo utilizado para el experimento. Foto tomada por la autora.	79		
Imagen 56. Crecimiento de la vegetación en los suelos andosoles con mucho riego. Fuente: creación propia	89		
Imagen 57. Crecimiento de la vegetación en los suelos andosoles con poco riego. Fuente: creación propia.	89		
Imagen 58. Crecimiento de la vegetación en los suelos litosoles con mucho riego. Fuente: creación propia.	91		
Imagen 59. Crecimiento de la vegetación en los suelos litosoles con poco riego. Fuente: creación propia.	91		

Imagen 78. Google Maps. (2020). Mapa del polígono de intervención. Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Municipio de Coacalco, Edo. de México. Fuente: https://www.google.com.mx/maps	128	Imagen 96. Vía José López Portillo, Coacalco. Agosto 2018. Fuente: https://www.reforma.com	144
Imagen 79. Vista al municipio de Coacalco en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.	129	Imagen 97. Circuito principal del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.....	145
Imagen 80. Foto A. Álvarez, J. Foto B Flores, S. Foto C Contreras, J. Adaptado de Google Maps. Sitios de interés en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. (2020). Recuperado de: https://www.google.com.mx/maps	130	Imagen 98. Plaza Comercial Cosmopol, Coacalco, Edo de México. 2015. Fuente: https://www.migdal.com.mx/proyectos/cosmopol/	146
Imagen 81. Google Maps. (2020). Identificación del polígono de intervención, Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: https://www.google.com.mx/maps	131	Imagen 99. Carrera deportiva. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.....	147
Imagen 82. Texturas de la vegetación. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.	132	Imagen 100. Propuesta de muro verde natural en el Sendero Guadalupe. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Fuente: foto tomada y adaptada por la autora.	149
Imagen 83. Paisaje del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Julio 2019. Coacalco Edo. de México. Fuente: foto tomada por la autora.	133	Imagen 101. Bosque de Eucalipto sobre las pendientes del Sendero Guadalupe. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Marzo 2020. Fuente: foto tomada por la autora.....	150
Imagen 84. Bosque de Eucalipto. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.....	134	Imagen 102. Google Maps. Perspectivas del Sendero Guadalupe. Recuperado de: https://www.google.com.mx/maps	151
Imagen 85. Gráfica de la temperatura en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario. Recuperado de: https://es.weatherspark.com/	135	Imagen 103. Google Maps. Perspectivas del Sendero Guadalupe. Recuperado de: https://www.google.com.mx/	152
Imagen 86. Gráfica probabilidades de precipitación en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: https://es.weatherspark.com/	135	Imagen 104. Vegetación del Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo de México. Fuente: foto tomada por la autora	153
Imagen 87. Gráfica de la precipitación de lluvia mensual en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: https://es.weatherspark.com/	136	Imagen 105. Zonas erosionadas en el Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo. de México. Fuente: fotos tomadas por la autora.....	154
Imagen 88. Gráfica de la cantidad de luz solar en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Cantidad de horas durante las cuales el sol esta visible (Línea negra). Recuperado de: https://es.weatherspark.com/	137	Imagen 106. Zonas erosionadas cercanas al Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo. de México. Fuente: fotos tomadas por la autora.....	155
Imagen 89. Gráfica velocidad del viento en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro). Recuperado de: https://es.weatherspark.com/	137	Imagen 107. Caminos secundarios en la entrada del Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo. de México. Fuente: foto tomada por la autora.	156
Imagen 90. Suelo expuesto con indicios de erosión. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.	138	Imagen 108. Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo. de México. Fuente: foto tomada por la autora.....	158
Imagen 91. INEGI. Tipos de suelos presentes en la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/	139	Imagen 109. PLANO DE PLANTACIÓN DEL GEOTEXTIL PARA EL SECTOR "A". Fuente: creación propia.....	166
Imagen 92. Caminos secundarios. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.....	140	Imagen 110. Proyecto de muro verde natural con geotextiles en el Sector A. Fuente: creación propia.	167
Imagen 93. Flores aromáticas. Bouvardia longiflora (Flor de San Juan). Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.....	141	Imagen 111. Plano de vegetación para el Sector "A". Fuente: creación propia.	168
Imagen 94. Usuarios practicando deportes sobre el circuito del Sendero Guadalupe. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.	142	Imagen 112. Plano de plantación y siembra. Sector "A". Fuente: creación propia.	169
Imagen 95. Cunetas de desagüe pluvial en el circuito principal Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.....	143	Imagen 113. PLANO DE PLANTACIÓN DEL GEOTEXTIL PARA EL SECTOR "B". Fuente: creación propia.....	172
		Imagen 114. Proyecto de muro verde natural con geotextiles en el Sector B. Fuente: creación propia.	173
		Imagen 115. Plano de vegetación para el Sector "B". Fuente: creación propia.	174
		Imagen 116. Plano de plantación y siembra para el Sector "B". Fuente: creación propia.	175
		Imagen 117. Proyecto de muro verde natural en el Sector C. Fuente: creación propia.	177
		Imagen 118. Plano de vegetación para el Sector "C". Fuente: creación propia.	178
		Imagen 119. Plano de plantación y siembra para el Sector "C". Fuente: creación propia.	179

Imagen 120. Adaptado de Indiamart y Tuinen. Ejemplo de instalación de geotextiles. Recuperado de: https://www.indiamart.com/	181
Imagen 121. Esquema de colocación de un geotextil desde tierra. Recuperado de: https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-PUE-1-02-007-07.pdf	187
Imagen 122. Esquema de actuación para el programa de sustitución de eucaliptos a largo plazo. Fuente: creación propia.....	188

TABLAS

Tabla 1. Calibres para geotextiles no tejidos. Fuente: creación propia.....	22
Tabla 2. Diferentes propiedades de los Geotextiles. Fuente: creación propia.....	29
Tabla 3. Degradaciones asociadas con los geotextiles. Fuente: creación propia.....	31
Tabla 4. Resistencia de los textiles a los diferentes tipos de pH.....	38
Tabla 5. Características de los módulos experimentales. Fuente: creación propia.....	74
Tabla 6. Módulos con geotextil. Fuente: creación propia.....	77
Tabla 7. Características técnicas del geotextil de Lino. Fuente: creación propia.....	77
Tabla 8. Variables medidas durante la experimentación. Fuente: creación propia.....	79
Tabla 9. Frecuencia de riego para los módulos. Fuente: creación propia.....	80
Tabla 10. Temperatura promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	81
Tabla 11. Temperatura promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.....	82
Tabla 12. Interpretación de los resultados del medidor digital de humedad. Fuente: creación propia.....	83
Tabla 13. Humedad promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	83
Tabla 14. Humedad promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.....	84
Tabla 15. Interpretación de los resultados del medidor digital de humedad. Fuente: creación propia.....	85
Tabla 16. Incidencia de luz solar promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	85
Tabla 17. Incidencia de luz solar promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.....	85
Tabla 18. pH promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	87
Tabla 19. pH promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.....	87
Tabla 20. Crecimiento de la vegetación para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	88
Tabla 21. Crecimiento de la vegetación para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.....	90
Tabla 22. Porcentaje de sobrevivencia de plantas en los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	92
Tabla 23. Porcentaje de sobrevivencia para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.....	93
Tabla 24. Relación de las mejores condiciones de sobrevivencia. Fuente: creación propia.....	93
Tabla 25. Erosión producida en los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	95
Tabla 26. Erosión producida en los suelos litosoles. Fuente: creación propia.....	95
Tabla 27. Relación de los resultados más bajos de erosión. Fuente: creación propia.....	96
Tabla 28. Estimación del tiempo aproximado para la degradación del geotextil de lino. Fuente: creación propia.....	97
Tabla 29. Resultados más altos para el crecimiento y el porcentaje de sobrevivencia de la vegetación. Fuente: creación propia.....	98
Tabla 30. Resultados más bajos para el crecimiento y el porcentaje de sobrevivencia de la vegetación. Fuente: creación propia.....	98
Tabla 31. Gobierno del Estado de México. (2015). Porcentaje de distribución de la superficie del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: https://edomex.gob.mx/	103
Tabla 32. PROGRAMA DE MANEJO DEL PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE. (1999). Recuperado de: https://edomex.gob.mx/	105
Tabla 33. Lista de algunos de los cerros comunes del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Fuente: creación propia.....	107
Tabla 34. Adaptado de GACETA OFICIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO. (2016). Vegetación de la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: www.cms.sedema.cdmx.gob.mx	110
Tabla 35. Naturalista. (2020). VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE. Recuperado de: https://www.naturalista.mx/	113
Tabla 36. Naturalista. (2020). FAUNA DE LA SIERRA DE GUADALUPE. Recuperado de: https://www.naturalista.mx/	115
Tabla 37. Gobierno del Estado de México. (2015). Muros Perimetrales en el Parque Estatal Sierra De Guadalupe. Recuperado de: https://www.ipomex.org.mx/	122
Tabla 38. Adapto de Clasificación de Lluvia y precipitaciones. Recuperado de: https://estacionmeteorologica.pro/como-se-mide-la-lluvia/	136
Tabla 39. Lista de vegetación propuesta para el Sendero Guadalupe. Fuente: creación propia.....	159
Tabla 40. Paleta vegetal propuesta. Fuente: creación propia.....	163
Tabla 41. Paleta vegetal para el Sector "A". Fuente: creación propia.....	165
Tabla 42. Paleta vegetal para el Sector "B". Fuente: creación propia.....	171
Tabla 43. Paleta vegetal para el Sector "C". Fuente: creación propia.....	176
Tabla 44. Criterios para la selección del geotextil para el caso de aplicación en el Sendero Guadalupe. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Edo de México. Fuente: creación propia.....	180
Tabla 45. Paleta vegetal para el programa de sustitución de eucaliptos a largo plazo. Fuente: creación propia.....	189

GRÁFICAS

Gráfica 1. Temperatura promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	81
Gráfica 2. Temperatura promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.	82
Gráfica 3. Humedad promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	83
Gráfica 4. Humedad promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.	84
Gráfica 5. Crecimiento de la vegetación para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.	88
Gráfica 6. Crecimiento de la vegetación para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.	90
Gráfica 7. Porcentaje de sobrevivencia de plantas en los suelos andosoles. Fuente: creación propia.	92
Gráfica 8. Porcentaje de sobrevivencia para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.	93
Gráfica 9. Erosión producida en los suelos andosoles. Fuente: creación propia.....	95
Gráfica 10. Erosión producida en los suelos litosoles. Fuente: creación propia.....	95

INTRODUCCIÓN

Los geotextiles son materiales de uso geotécnico para aplicaciones directas en el suelo o en la tierra. Están diseñados para soportar condiciones adversas, usos rudos y desempeñarse en combinación con otros materiales geotécnicos.

Se clasifican de acuerdo con su tipo de composición, su tipo de tejido y a su función. De esta forma encontramos geotextiles elaborados a partir de fibras naturales como el algodón, el lino o la lana; de fibras sintéticas como el polipropileno o el poliéster; y en menor medida de fibras artificiales.

En general un geotextil puede cumplir diversas funciones simultáneamente, por ejemplo, servir como refuerzo del suelo y para retención de la humedad al mismo tiempo.

Algunas de las funciones más comunes de los geotextiles son:

- Separación
- Refuerzo
- Filtración
- Drenaje
- Barrera contra la humedad

Para su implementación en el paisaje, los geotextiles se distinguen por aplicaciones específicas, por ejemplo, su uso para el control de la erosión, aplicaciones para la revegetación o en sistemas de filtración y/o fitodepuración de aguas.

En cuanto a su uso para el control de la erosión, los geotextiles actúan como una capa protectora que evita la pérdida de suelo por efectos erosivos provocados por el impacto del agua o el viento. Ayudan a conservar el calor y la humedad propiciando un ambiente adecuado para la proliferación de la cubierta vegetal favoreciendo el crecimiento de la vegetación.

De manera universal, las aplicaciones para el control de la erosión van en aumento en los últimos años, esto responde paralelamente al aumento de los problemas ambientales que se viven actualmente en todo el mundo y que se ven reflejados en la pérdida de suelos y en la aceleración de procesos erosivos.

En México, la aplicación de los geotextiles va de la mano con el desarrollo de proyectos de infraestructura y diseño verde. Algunos de ellos incluyen el refuerzo de taludes, construcción de pavimento reforzado, control de erosión, arquitectura de paisaje, revegetación y diseño de muros y azoteas verdes.

Para el desarrollo de este proyecto se aborda el uso de Geotextiles en el campo del diseño del paisaje. Se plantean tres capítulos de investigación donde se busca ahondar de manera completa los aspectos fundamentales para el conocimiento de su aplicación. Estos capítulos son la introducción a los geotextiles, el desarrollo experimental y la descripción de un ejemplo de su aplicación para la recuperación de cubierta vegetal en el paisaje.

CAPÍTULO 1. Introducción a los geotextiles: el objetivo principal de este capítulo es brindar información que permita introducir al lector al mundo de los geotextiles, describiendo conceptos básicos como las principales funciones, sus clasificaciones y los campos de aplicación. De igual forma, se crea un apartado donde desarrolla una descripción específica sobre su aplicación en proyectos reales y se hace una comparación visual a nivel nacional e internacional. Para complementar este capítulo también se describen las principales tecnologías y las actuales innovaciones en el desarrollo y la fabricación de los geotextiles.

CAPÍTULO 2. Desarrollo experimental: en este capítulo se diseña y se desarrolla un experimento sobre el uso de geotextiles para el control de la erosión.

El objetivo primordial fue conocer y validar el desempeño de los geotextiles en condiciones reales y controladas como el tipo de suelo, la vegetación y la cantidad de agua recibida.

En este experimento se utilizaron geotextiles de origen natural para su aplicación en un sistema simulado de pendientes de 45° con el uso de suelos propios de Valle de México, específicamente de tipo Andosol y Litosol.

Se propiciaron condiciones para generar una erosión hídrica por riego y se evaluó la eficacia que tuvo el geotextil para controlar la erosión y propiciar el crecimiento de la vegetación.

En este caso la vegetación utilizada fueron plantas nativas de México, específicamente la especie *Sedum moranense*. Todos los resultados obtenidos fueron registrados y presentados visualmente mediante el uso de gráficas y evidencia fotográfica.

CAPÍTULO 3. Propuesta de diseño de instalación de un muro verde natural con geotextiles: finalmente en este capítulo se desarrolló un breve ejemplo sobre su uso para la instalación de un muro verde natural que ayude al control de la erosión y la recuperación de la cubierta vegetal en el paisaje.

Esta aplicación se centra en el Sendero Guadalupe del Parque Estatal Sierra de Guadalupe donde actualmente se presentan problemas de pérdida de suelo y ausencia de vegetación.

Como parte del desarrollo de este capítulo fue importante retomar información fundamental perteneciente a la evolución del sitio como sus aspectos sociales, los aspectos históricos y sus aspectos naturales.

También, fue importante desarrollar una investigación sobre el tipo de vegetación presente en la zona y su historia de reforestaciones previas, esto pudo brindar información importante para determinar el uso de las especies vegetales óptimas para el proceso de recuperación y plantear una propuesta de paleta vegetal idónea para la recuperación de vegetación en el sitio.

Así mismo, se especifica paso a paso el modo de aplicación de los geotextiles en el Sendero Guadalupe y sus respectivas consideraciones posteriores para darle mantenimiento al sitio.

Finalmente, al término de todo este trabajo, se detallan las conclusiones y observaciones más importantes detectadas por la autora donde se describen los objetivos alcanzados, la información más importante encontrada, las aportaciones que este trabajo puede dar en el ámbito del diseño del paisaje y las recomendaciones para futuros trabajos de investigación.

OBJETIVOS

General

Desarrollar información fundamental sobre el uso de los geotextiles y su relación para el diseño del paisaje, realizando una catalogación sobre sus diferentes tipos y planteando recomendaciones puntuales para su aplicación en el paisaje.

Así mismo, se plantea desarrollar un modelo experimental que permita visualizar su uso y su desempeño para la conservación y el mejoramiento de la cubierta vegetal en el paisaje.

De igual forma se establece crear una propuesta de diseño mediante la aplicación de geotextiles para la instalación de un muro verde natural en una zona erosionada.

Particulares:

- Desarrollar información acerca de los geotextiles, planteando sus principales funciones y las diferentes aplicaciones para el diseño y la conservación del paisaje.
- Comprobar la aplicación de los geotextiles mediante la exposición de diferentes proyectos nacionales e internacionales visualizando su uso para el control de la erosión y la recuperación de la vegetación.
- Formular un método experimental que permita comprobar el uso de geotextiles en condiciones reales y su desempeño para el control de la erosión con suelos de tipo andosol y litosol, así como su efectividad para la recuperación de la cubierta vegetal en el paisaje.
- Establecer una propuesta de diseño de paisaje aplicando geotextiles para la instalación de un muro verde natural en el sendero Guadalupe del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Estado de México.

CAPÍTULO 1. GEOTEXTILES Y EL PAISAJE

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La conservación del paisaje en México es un tema cada vez más relevante a medida que aumentan los problemas ambientales. Su riqueza paisajística involucra una importante variedad de especies vegetales que en su mayoría brindan identidad y servicios ecosistémicos en zonas específicas.

Los factores que deterioran la calidad ambiental del paisaje son diversos, de los cuales se destacan los cambios de uso de suelo, la invasión de zonas de conservación, el crecimiento de la mancha urbana y el aumento en las emisiones CO₂.

Las propuestas de mejora y conservación han sido diversas, recurriendo al uso de métodos y tecnologías que conduzcan a mejores intervenciones como es el caso de geotextiles, los cuales desempeñan un papel importante para el diseño, el mejoramiento y la conservación del paisaje a través de su intervención en plantas y suelos.

Las funciones ambientales que desempeñan los geotextiles permiten su uso para aplicaciones como el diseño de muros verdes, el diseño de jardines, la revegetación, el control de la erosión, la recuperación de cubierta vegetal y la conservación de especies vegetales.

Los resultados han sido favorables, mostrando una gran ayuda para la mitigación del deterioro ambiental del paisaje, produciendo un considerable aumento de su uso en los últimos años, principalmente en el ámbito internacional en países como Estados Unidos, India y la zona europea.

En México, las principales aplicaciones se visualizan en la construcción de vialidades, carreteras, taludes, terracerías, construcciones ferroviarias, control de la erosión, el diseño de muros verdes y jardines verticales.

Sin embargo, la necesidad de creación de espacios verdes en nuestras ciudades y de conservación de áreas naturales han creado un notable aumento en el uso de geotextiles, principalmente para el diseño verde, como la instalación de zonas ajardinadas en azoteas, muros verdes, jardines verticales, lagos artificiales, jardines acuáticos y huertos urbanos, por mencionar algunos casos.

De esta manera, resulta conveniente que esta necesidad de mejora del paisaje este acompañada por estudios y propuestas que brinden información sustancial sobre los geotextiles, ofreciendo herramientas eficaces que permitan seguir favoreciendo el aumento de su aplicación.

El apoyo de estudios de investigación plantea sin duda, el desarrollo de mejores herramientas que brinden una mejor información acerca del desempeño que tiene el geotextil en aplicaciones reales, permitiendo visualizar datos experimentales, conociendo su eficacia y dar apertura a su campo de aplicación en el diseño.

Este trabajo de investigación da respuesta a estos sentidos de mejora brindando información sobre el geotextil desde la perspectiva del diseño del paisaje.

Busca ofrecer una visión sustanciosa que permita conocer las funciones ambientales del geotextil y como estas han resultado bastante favorables en la intervención del paisaje.

1.1. INTRODUCCIÓN A LOS GEOTEXTILES

Antecedentes históricos

De acuerdo con Koerner, R. (2005) en su libro "Designing with geosynthetics" a lo largo de la historia se han encontrado vestigios en las primeras civilizaciones humanas sobre el uso de materiales fibrosos para el refuerzo y el mejoramiento de suelos.

Las evidencias demuestran el uso de técnicas rudimentarias que consistían en la aplicación de ramas, pajas, pequeños arbustos y troncos, es decir, materiales de origen natural, que eran provistos por el medio y que posteriormente se diversificaron con el intercambio comercial.

La aplicación de estos materiales permitía hacer uso de suelos inestables para la construcción de obras y carreteras que propiciaron el desarrollo y el crecimiento de estas primeras civilizaciones.

El desarrollo de técnicas para la estabilidad y mejoramiento de suelos se fue optimizando a lo largo de los años junto con el crecimiento y el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías.

Koerner también enfatiza que el primer uso de materiales textiles para el reforzamiento del suelo se dio en el Sur de California, en 1926, donde se utilizó un tejido grueso de algodón para la construcción de pavimento en carreteras.

Con la aplicación de este textil se mejoraron las condiciones de los caminos reduciendo la aparición de agrietamientos y baches en el asfalto. Sin embargo, el tejido se vio deteriorado con el paso del tiempo al tratarse de un producto de origen natural.

Este procedimiento fue el pionero para las técnicas de construcción de las carreteras hidráulicas como las conocemos hoy en día, las cuales se caracterizan por su gran durabilidad y resistencia.

Posteriormente se fueron desarrollando materiales más duraderos y resistentes cuya fabricación incluía el uso de polímeros sintéticos, además de estar enfocados a la resolución de problemas específicos.

De esta manera surge en primer lugar el término de geosintéticos para referirse al uso de materiales de origen sintético usados como apoyo en la construcción y mejoramiento de suelos y carreteras. Posteriormente aparece el término de geotextiles, para referirse exclusivamente a aquellos materiales tejidos o cuya composición consistía en el uso de fibras textiles. Sus primeras aplicaciones fueron en EU en 1950 para la filtración y el control de la erosión.

Una década más tarde en 1960 en Francia, su implementación se orientó al reforzamiento de suelos, ejemplo de ello fue su uso en caminos no pavimentados y aplicaciones debajo de lastres de vías de ferrocarril, así como su implementación para el refuerzo de terraplenes y diques de tierra.

La utilización de los geotextiles se siguió expandiendo como resultado de la eficacia de sus funciones, diversificando sus áreas de aplicación y extendiéndose a ramas como la bioingeniería, la arquitectura y el diseño paisajístico.

1.1.1. Geotextiles

Los geotextiles son materiales para usos geotécnicos en aplicaciones directas en la tierra, en el suelo o en diferentes sustratos. Pueden ser tejidos o no tejidos y estar compuestos de fibras o hilos de origen natural o sintético.

1.1.1.1. Fibras textiles

Las fibras textiles son la materia prima principal para la elaboración de cualquier textil, ya sean hilos, telas o ropa. Estas fibras pueden ser de origen natural, artificial o sintético.

En general las características más destacables de estas fibras son su longitud, su diámetro, el contorno de la superficie, el rizado y su composición química.

Hollen, N. (2011) en su libro “Introducción a los textiles” clasifica las fibras textiles en tres categorías principales; fibras naturales, fibras artificiales y fibras sintéticas.

Fibras naturales. Estas fibras son extraídas del medio natural, dependiendo del medio de donde se extraigan se clasifican en fibras proteicas, fibras celulósicas y fibras minerales.

- Fibras proteicas: son aquellas que se obtienen del pelo o la secreción de los animales. Algunos ejemplos son la lana que se extrae del pelaje de las ovejas, las cabras o los camellos.
La seda también es una fibra proteica que es extraída de la secreción de insectos como el Bombyx mori un gusano de seda domesticado o la secreción de arañas como el género Nephila.
- Fibras celulósicas: las fibras celulósicas son aquellas que se obtienen a partir de la celulosa de algunas plantas como el algodón. El método de extracción depende de la parte de la planta donde se desee obtener el material fibroso, ya sea la semilla, el tallo o el fruto.

- Fibras minerales: este tipo de fibras son extraídas de algunos minerales, como el vidrio que es un buen aislante térmico y acústico, además de ser ignífugo, o de metales como la plata o el oro.

Fibras artificiales. Las fibras de origen artificial son aquellas que se obtienen a partir de la transformación química de la celulosa, por ejemplo, el rayón viscosa o el acetato.

Fibras sintéticas. Estas fibras se identifican por ser obtenidas a partir polímeros sintéticos, ejemplo de ello son el nylon, el poliéster o el polipropileno.

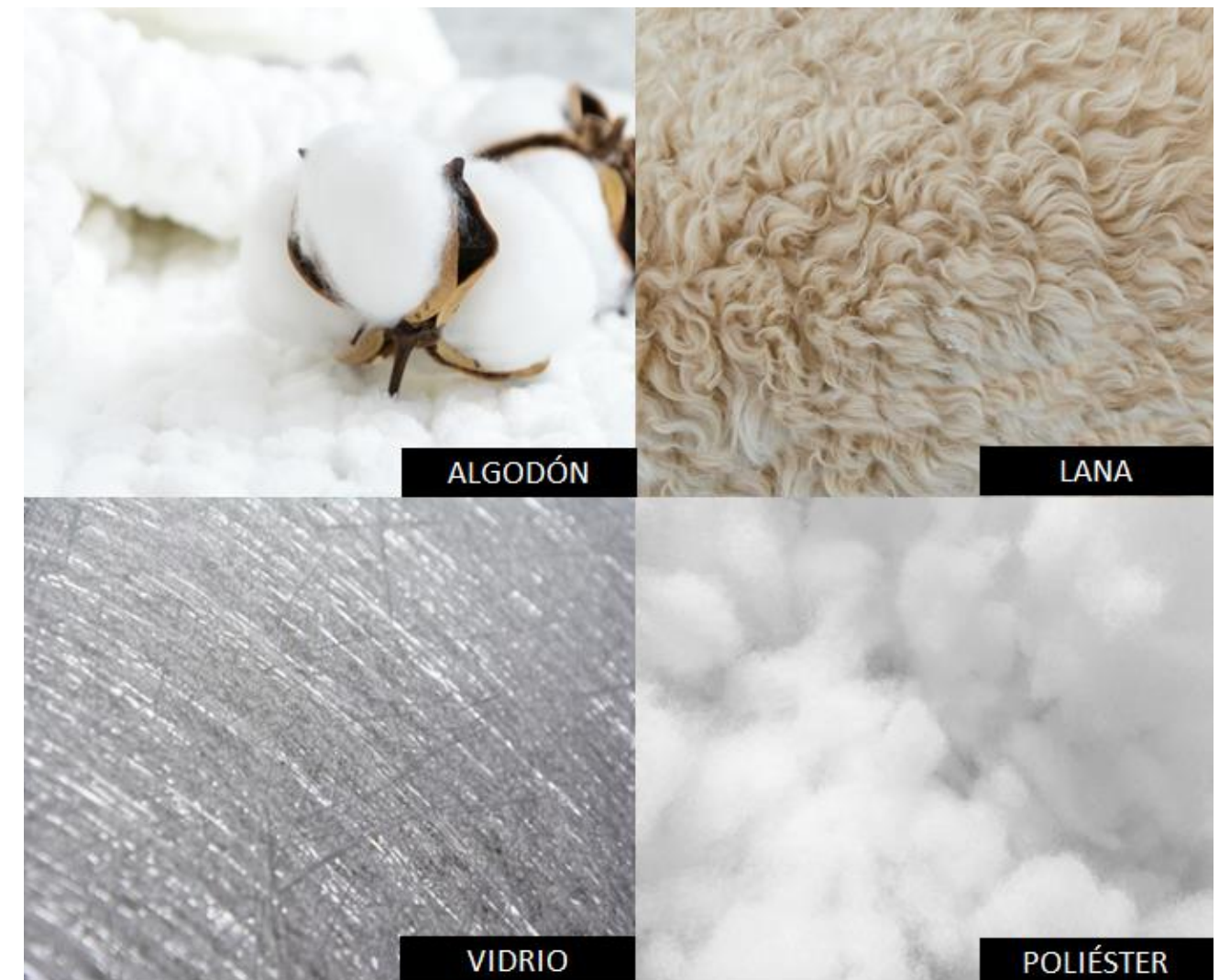


Imagen 1. Adaptado de Fibras textiles. (2020). Ejemplo de diferentes fibras textiles. Shutterstock; Freepik; Pexels. CCO

1.1.1.2. Hilos textiles

Cabrera, J. (1998) en la “Teoría de Tejidos” menciona que un hilo es producido a partir de la unión de un conjunto de fibras textiles que se tuercen juntas. Estas fibras pueden ser de origen natural, artificial o sintético. Las características que definen la calidad, la resistencia y el desempeño de un hilo son muy puntuales, algunas de ellas son su diámetro, su finura, su composición, su torsión o la longitud de la fibra.



Imagen 2. Grimson, M.J. Fotografía SEM de un tejido textil.
Recuperado de: https://www.cottonworks.com/wp-content/uploads/2017/11/4-Textile_Processing.pdf

Los hilos se clasifican de diversas formas, por ejemplo, de acuerdo con su función o su composición. Así, podemos decir que tenemos hilos utilizados exclusivamente para procesos de confección, otros usados para la elaboración de tejidos u otros usados como materia prima para manufacturas subsecuentes.

En cuanto a su composición esta se identifica de acuerdo al tipo de fibra usada para su elaboración, de esta manera tenemos los hilos naturales, los hilos sintéticos o las mezclas de diferentes fibras, como es el caso de un hilo elaborado de fibras 50% Poliéster 50% algodón.

1.1.1.3. Tejidos

Un tejido se obtiene a partir del entrelazamiento ordenado de hilos. Este proceso se puede realizar de forma manual, mecánica o automatizada mediante el uso de telares que son máquinas que ayudan al entrelazamiento más eficaz de los hilos.

Los telares se han utilizado desde la antigüedad, los primeros estaban elaborados a partir de aditamentos de diferentes maderas aplicando técnicas 100% manuales, como los conocidos telares de cintura.

Posteriormente con el implemento de diversas tecnologías los telares se han modernizado hasta tal punto de ser totalmente automatizados y programables optimizando y eficientizando el tiempo para la producción de un tejido.

El método base de cualquier telar consiste en hacer pasar hilos en forma transversal (conocidos como hilos de trama) entrelazándolos con hilos ordenados en sentido longitudinal (hilos de urdimbre) hasta obtener un tejido lo suficientemente estable y resistente apto para un uso específico posterior.

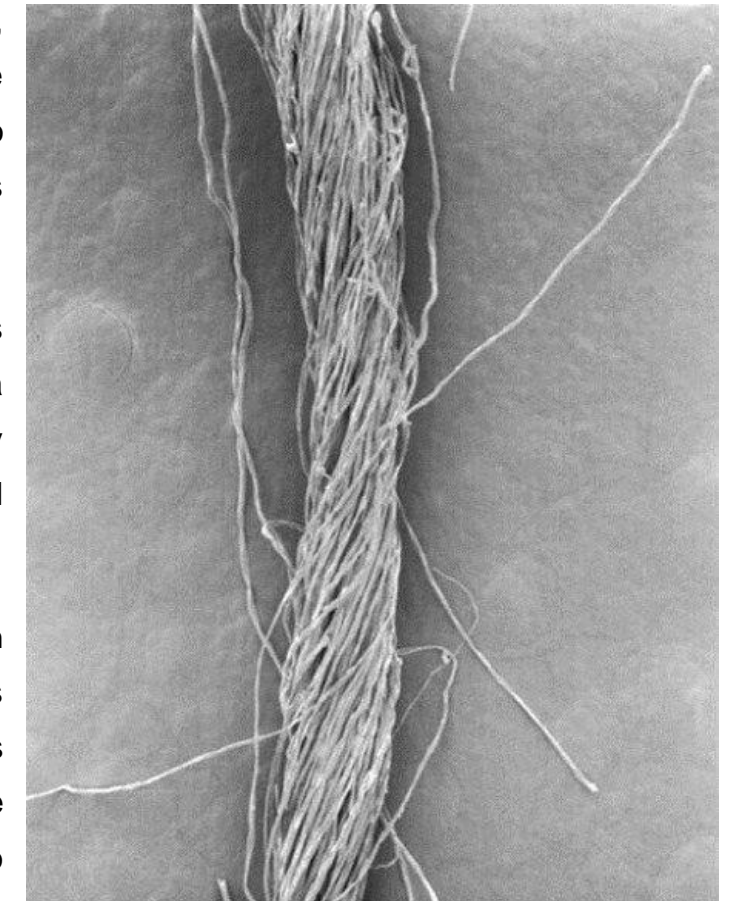


Imagen 3. Grimson, M.J. Fotografía SEM de un hilo textil.
Recuperado de: https://www.cottonworks.com/wp-content/uploads/2017/11/4-Textile_Processing.pdf

1.1.1.4. Textiles no tejidos

Un no tejido es una tela fabricada a partir del entrelazamiento no ordenado de fibras mediante diferentes métodos como los procesos mecánicos, los procesos térmicos o los procesos químicos.

Los procesos mecánicos se refieren al entrelazamiento de las fibras mediante agujas, a este proceso se le conoce como el punzonado, consiste en hacer pasar unas agujas o punzones a través de las fibras las cuales se van uniendo hasta formar un tejido lo suficientemente resistente.

Otros métodos de entrelazamiento incluyen procesos térmicos como la aplicación de calor mediante calandras o procesos químicos que son usados con el objetivo de entrelazar las fibras y darles una mejor adherencia.

El resultado es la obtención de telas con una apariencia similar a fieltros o pellones. Estas se caracterizan por tener una buena filtración del agua a través de su estructura, y en algunos casos buenas propiedades para conservar mejor el calor y la humedad.

En la imagen 4 tomada de Grimson M.J. se puede observar una fotografía electrónica de barrido, tomada con un microscopio, en donde se aprecia la apariencia interna de un no tejido y el entrelazamiento de las fibras después de la aplicación de un proceso térmico de unión.

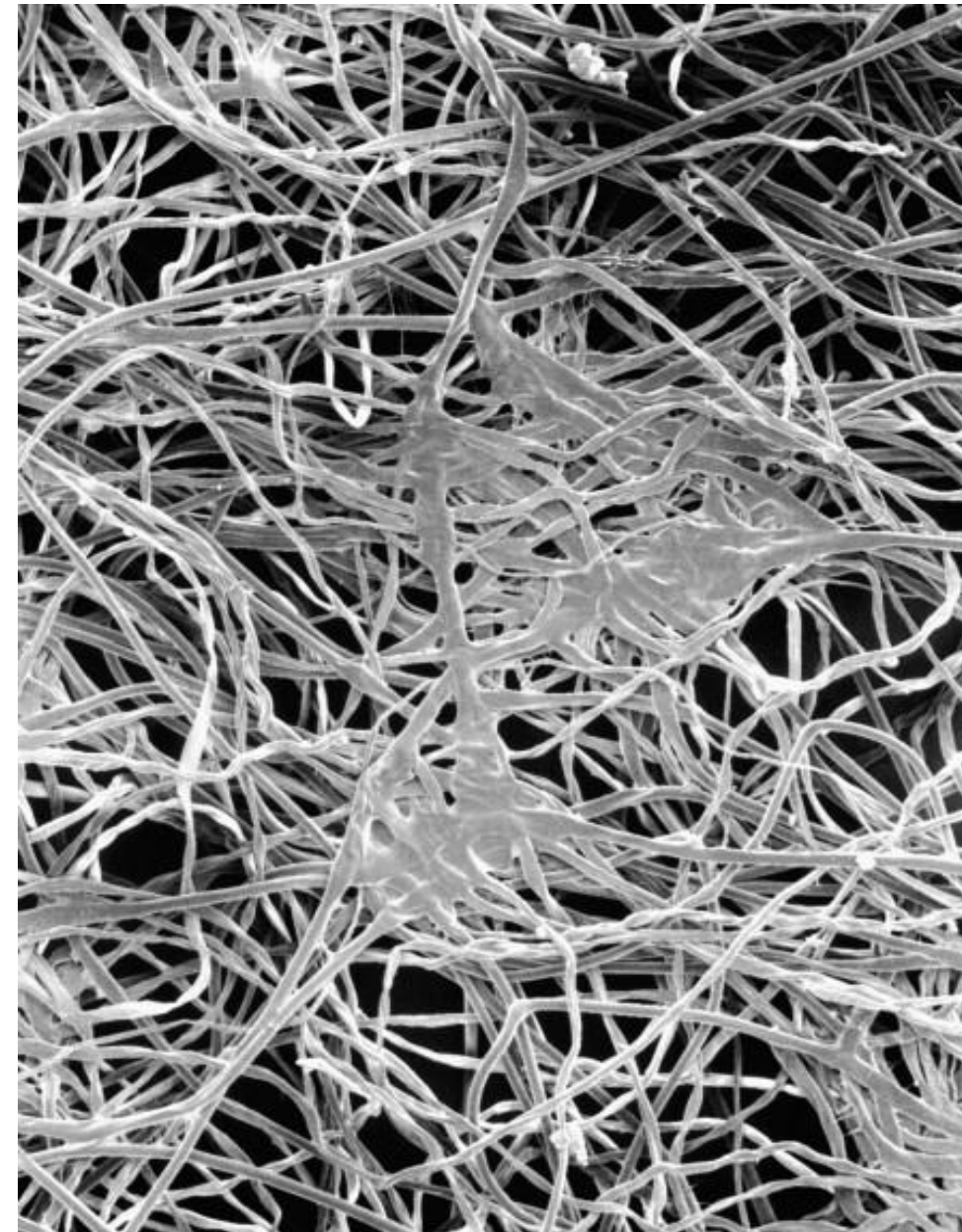


Imagen 4. Grimson, M.J. Fotografía SEM de un No tejido elaborado mediante fusión térmica. Recuperado de: https://www.cottonworks.com/wp-content/uploads/2017/11/4-Textile_Processing.pdf

1.1.2. Propiedades de los Geotextiles

Los geotextiles están diseñados para su aplicación en diferentes suelos, poseen excelentes características de resistencia que les permite interactuar en ambientes adversos tales como el contacto con piedras, la fuerza del agua, la radiación solar, la humedad y los diferentes tipos de granulometrías a los que se ven expuestos. Son clasificados de acuerdo a su composición, el tipo de tejido y su función.

CALIBRES

En México los geotextiles son comercializados de acuerdo a su masa por unidad de área (g/m^2) y son identificados por calibres de acuerdo a esta densidad. Estos calibres manejan diferentes estándares de medición dependiendo si el geotextil es tejido o no tejido.

Para fines de esta investigación, nos enfocaremos en el estudio de los calibres para los geotextiles no tejidos, ya que son estos los que representaron un objeto de estudio en los capítulos subsecuentes.

De esta manera se puede decir que los calibres más bajos para los geotextiles no tejidos oscilan entre 170 g/m^2 a 200 g/m^2 y son usados para aplicaciones como filtros o refuerzo para impermeabilización.

Los calibres medios abarcan desde los 250 g/m^2 hasta los 400 g/m^2 y son usados para separar diferentes materiales, para filtración de agua, control de la erosión, estabilización de taludes, diseño de muros verdes, refuerzo en azoteas verdes, y huertos.

Los calibres grandes incluyen los de 500 g/m^2 a los 600 g/m^2 y generalmente son usados para soportar cargas físicas y mecánicas más pesadas.

El espesor de un geotextil es el grosor que tiene la tela y está relacionado con el tipo de calibre del material. Los espesores más bajos van desde 1.0 mm a 3.0 mm para calibres bajos, los espesores medianos tienen medidas arriba de los 3.0 mm hasta los 4.0 mm, mientras que los espesores más grandes se consideran arriba de los 5.0 mm para geotextiles con calibres arriba de los 400 g/m^2 .

CALIBRES DE GEOTEXTILES NO TEJIDOS	
g/m^2	CARACTERÍSTICAS
170	Espesor delgado, rápida filtración, poca retención de humedad, buena separación de agregados ligeros, perfecto como capas de reforzamiento.
200	
250	Espesor medio, buena filtración, mediana retención de humedad, buena separación de agregados de peso medio, buena retención de finos.
270	
300	
350	
400	Espesor grueso, buena filtración, buena retención de humedad, buena separación de agregados, excelente retención de finos, excelente soporte de cargas pesadas.
500	
600	

Tabla 1. Calibres para geotextiles no tejidos. Fuente: creación propia.



Imagen 5. TexTec. Espesor de un Geotextil de calibre 250 g/m^2 . Recuperado de: <https://www.textec.mx/>

1.1.3. Clasificación de los Geotextiles según su composición

Los geotextiles son elaborados a partir de la mezcla de diferentes fibras textiles y es precisamente que de acuerdo al tipo de fibras usadas son clasificados de la siguiente manera:

- Geotextiles de origen natural
- Geotextiles de origen sintético

En el ámbito comercial son más comunes los geotextiles sintéticos como el poliéster, el polipropileno y el polietileno. En segundo lugar, se comercializan aquellos de origen natural como el coco, el lino, la lana o el yute.

En términos comerciales para optimizar costos u otorgarles mejores características, los geotextiles también son fabricados a partir de las mezclas de diferentes fibras, por ejemplo: poliéster y polipropileno, polipropileno y lino o yute y coco.



Imagen 6. TexTec. Geotextil de fibras de lino. Recuperado de: <https://www.textec.mx/>

Geotextiles de origen natural

Los geotextiles de origen natural se caracterizan por estar fabricados a partir de fibras 100% naturales, extraídas de la naturaleza como las fibras proteicas y celulósicas, entre los cuales encontramos los de lino, de lana, de coco, de algodón o yute, entre otros.



Imagen 7. OntarioAgra. Aplicación de un Geotextil. Recuperado de: <https://www.ontarioagra.ca/geotextile-examples-2>

Las aplicaciones más comunes para este tipo de geotextiles son para la revegetación de taludes, la conservación de suelos, el control de la erosión, germinación en huertos o recuperación de cubiertas vegetales.

Debido a su composición de caracterizan por tener un periodo de vida más corto en comparación con los geotextiles sintéticos.

Su desintegración en el suelo puede ser considerada más amigable ya que se biodegradan por acción de agentes biológicos a partir de su interacción con el agua, el sol, la vegetación y la tierra, además de ser ideales para aplicaciones tanto en zonas naturales como urbanas.

Geotextiles de origen sintético

Los geotextiles de origen sintético están fabricados de fibras poliméricas 100% sintéticas. Estas fibras se obtienen a partir de la combinación de elementos químicos simples (monómeros) para formar compuestos químicos complejos (polímeros sintéticos).

El ejemplo más común es el poliéster, el cual se obtiene a partir de la combinación del monómero éster y el ácido tereftálico.

Según Robert M. Koerner en su libro "Designing With Geosynthetics" en orden de relevancia los geotextiles sintéticos más comunes son:

- Polipropileno 92%
- Poliéster 5%
- Polietileno 2%
- Poliamida (nylon) 1%
- Poliacrílico



Imagen 8. Macaria. Proceso de fabricación de tela a partir de botellas de PET recicladas. Recuperado de: <https://macaria.com.co/nuestra-naturaleza/>

Geotextiles regenerados

Estos geotextiles están fabricados a partir del reciclaje de residuos poliméricos de productos comerciales como las botellas de PET. Este tipo de geotextiles se han hecho más populares debido a que reducen bastante el costo de las telas en comparación con aquellos elaborados de fibras vírgenes.

Hernández, H. (2010) en su libro "Transformación y Reciclado de Polímeros" detalla parte de este proceso en el cual menciona que el método de obtención consiste en la reducción de las botellas de PET en pequeñas hojuelas a través de máquinas con cuchillas especiales que ayudan a controlar su tamaño.

Las hojuelas son fundidas hasta obtener una mezcla polimérica que pasa por unas toberas donde se forman los hilos. El resultado son hilos de poliéster con diámetros y longitudes controladas.

Posteriormente estos hilos son usados para la elaboración de geotextiles tejidos o geotextiles no tejidos (punzonados).

1.1.4. Clasificación de los Geotextiles de acuerdo con el tipo de tejido

Los geotextiles se caracterizan por estar elaborados mediante diferentes técnicas de fabricación, es decir, el método en el que se entrelazan sus hilos. De esta manera tenemos los geotextiles tejidos y los geotextiles no tejidos.

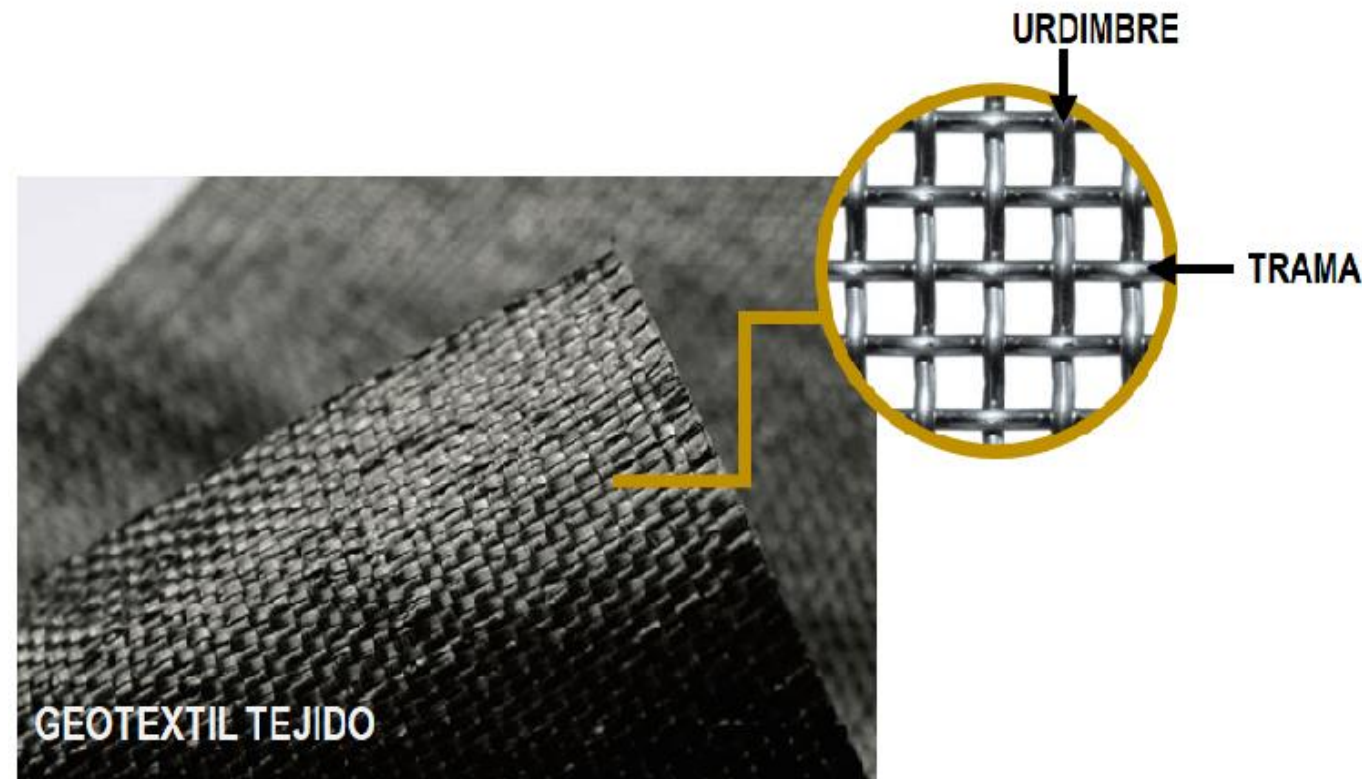


Imagen 9. Adaptado de Geotextil Tejido GTX, por Artafil. Recuperado de: <https://www.artafil.com/producto/geotextil-tejido-gtx-w/>

Geotextiles tejidos

Los geotextiles tejidos están compuestos por el entrelazamiento ordenado de sus hilos, se identifican los de tejido plano (entrelazado de hilos en ángulos rectos) y los de tejido de punto (entrelazado de hilos en forma de mallas).

- **Tejido plano**

De acuerdo al portal de TEX DELTA (2019) estos geotextiles se caracterizan por poseer una resistencia a la tracción tipo biaxial (tanto en su urdimbre como en la trama).

Ayudan a mejorar las propiedades mecánicas reforzando el suelo y tienen una alta resistencia a la tensión.

Algunos de ellos se destacan por tener excelentes características de impermeabilidad y son usados como refuerzo en impermeabilización, control de crecimiento de maleza y como capas de refuerzo para evitar la filtración de agua o luz.

Koerner, R. (2005) también menciona algunas de las principales características que se pueden encontrar en este tipo de Geotextiles.

Principales características:

- Alta capacidad de flujo
- Alta resistencia a la tensión
- Alta capacidad hidráulica (impiden el exceso de presión de poros en el suelo)
- Bajas deformaciones
- Baja elongación
- Los de origen sintético poseen alta resistencia a la degradación química y biológica

Principales aplicaciones:

- Separación y estabilización
- Filtración

Aplicación en suelos: estos geotextiles son ideales para su uso en suelos cohesivos y no cohesivos, suelos con altos contenidos de materiales nobles, creando un aporte mecánico que ayuda a estabilizar los suelos blandos compresibles y formando un filtro natural para el suelo.

- **Tejido de punto**

De acuerdo con el portal colombiano PAVCO este tipo de geotextiles tienen un tejido que está compuesto por uno o más hilos entrecruzados que forman mallas que se caracterizan por dar elasticidad a la tela. Pueden ser fabricados en máquinas tricotasas, circulares o Raschel.

Principales características:

- Poseen una estructura tridimensional
- Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial
- Proporcionan elasticidad al geotextil
- Alta permeabilidad

Principales aplicaciones:

- Estabilización
- Separación
- Control de erosión



Imagen 10. Tomado de GEOTEXTIL TEJIDO | ALTA RESISTENCIA QUIMICA. Recuperado de: <https://arpimix.com/productos/geotextil-tejido/>

Geotextiles no tejidos

El Grupo de Investigación GITECO menciona que los geotextiles no tejidos se caracterizan por tener una resistencia a la tracción no muy elevada y una gran deformabilidad. Además, de que cuentan con buenas características hidráulicas que ayudan a filtrar muy bien el agua.

Estos geotextiles no se tejen, para su elaboración se entrelazan fibras de manera no ordenada mediante procesos mecánicos como el punzonado (entrelazado con agujas), procesos térmicos (fusionando de fibras mediante calor) o procesos químicos (uso de resinas adhesivas para unir las fibras).

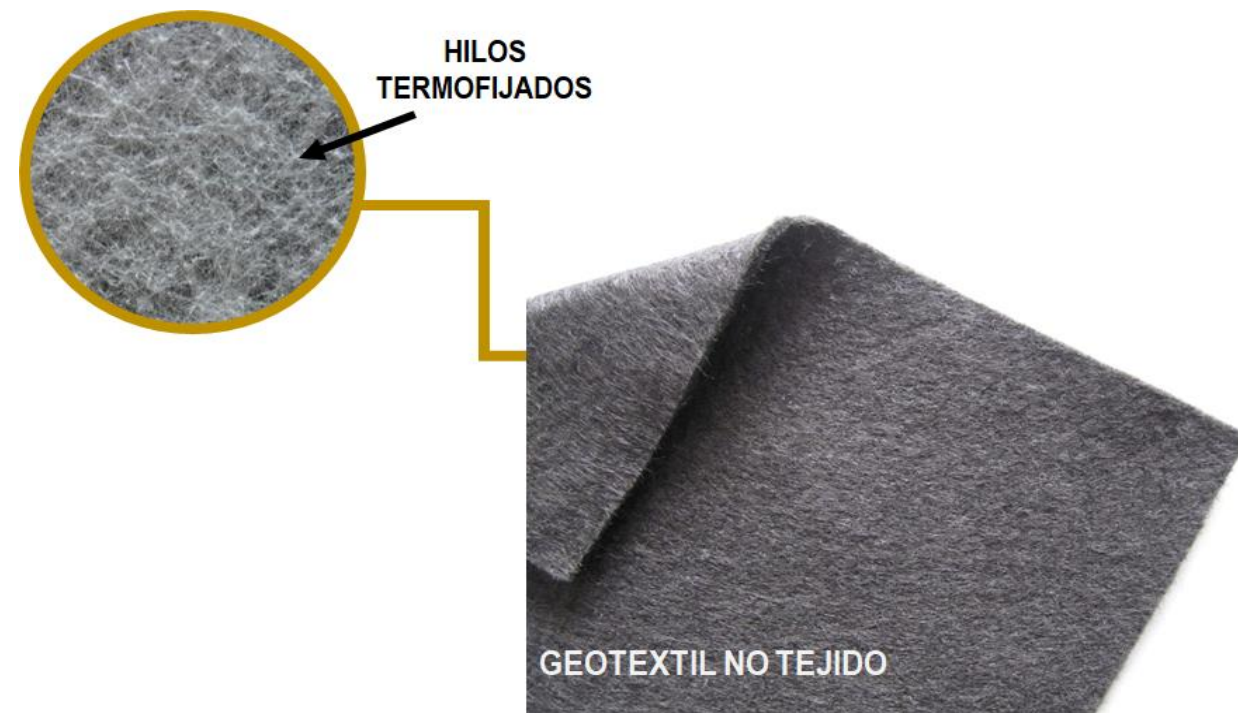


Imagen 11. Adaptado de Geotextil No Tejido, por Geosai. Recuperado de: <https://www.geosai.com/productos/geotextiles/captura-de-pantalla-2016-04-27-a-las-21-18-54/>

Principales características:

- Buena resistencia al punzonamiento
- Buena filtración
- Gran elongación
- Buena adaptabilidad a suelos irregulares
- Alta porosidad

Principales aplicaciones:

- Barreras de filtración
- Drenaje o refuerzo
- Separación y estabilización en vías

1.1.5. Clasificación de los Geotextiles según su masa

Como se mencionó anteriormente, en México se comercializan los geotextiles de acuerdo a su masa por unidad de área (gr/m^2), lo cual se refiere a cantidad de fibras o hilos, expresado en gramos, que se tienen en un metro cuadrado de tela.

Las densidades dependen de cada fabricante y el tipo de aplicación para la cual se requieran. En general se puede decir que las más comunes van desde los 150 gr/m^2 a los 600 gr/m^2 .

Los geotextiles con densidades bajas se caracterizan por ser materiales más ligeros y con menor espesor.

Por otro lado, aquellos que poseen densidades altas tienen un mayor porcentaje de cobertura de fibras o hilos por metro cuadrado, debido a esto se caracterizan por ser más pesados y tener un mayor espesor.

1.1.6. Propiedades de resistencia de los Geotextiles

Las propiedades de resistencia de los geotextiles dependerán de su composición y los procesos de fabricación empleados para su obtención. Aquellos elaborados con fibras sintéticas presentarán mejores características de resistencia física en comparación con los geotextiles naturales.

Dentro de las principales características de resistencia de los geotextiles se encuentran las siguientes:

PROPIEDADES MECÁNICAS	PROPIEDADES HIDRÁULICAS	PROPIEDADES FÍSICAS
<ul style="list-style-type: none">▪ Resistencia a la tensión▪ Resistencia a punzonamiento▪ Resistencia al rasgado▪ Resistencia a la elongación▪ Resistencia al estallido▪ Resistencia a la tracción	<ul style="list-style-type: none">▪ Permeabilidad▪ Permitividad▪ Tasa de flujo▪ Tamaño de abertura aparente	<ul style="list-style-type: none">▪ Resistencia a los Rayos Ultravioleta▪ Degradabilidad

Tabla 2. Diferentes propiedades de los Geotextiles. Fuente: creación propia.

1.1.7. Degradación de los Geotextiles

Los geotextiles poseen diferentes características de degradabilidad en función de su composición.

Los de origen sintético presentan una mayor resistencia a los diferentes procesos de degradación en comparación con los de origen natural. Esta cualidad resulta muy importante al momento de planear su aplicación en cualquier proyecto.

Geotextiles naturales

Los geotextiles naturales son más propensos a la degradación biológica y al ataque de microorganismos, con una menor resistencia a los rayos ultravioleta, ácidos y álcalis.

Sus periodos de vida son menos prolongados pero sus procesos de degradación se dan de manera más amigable con el medio ambiente, incluso su desintegración aporta materia orgánica al suelo en el que este expuesto.

Estos geotextiles son aptos para el control de la erosión, la restauración y el diseño en zonas con alta sensibilidad ecológica, revegetación o proyectos que impliquen el uso de estos materiales de manera temporal.

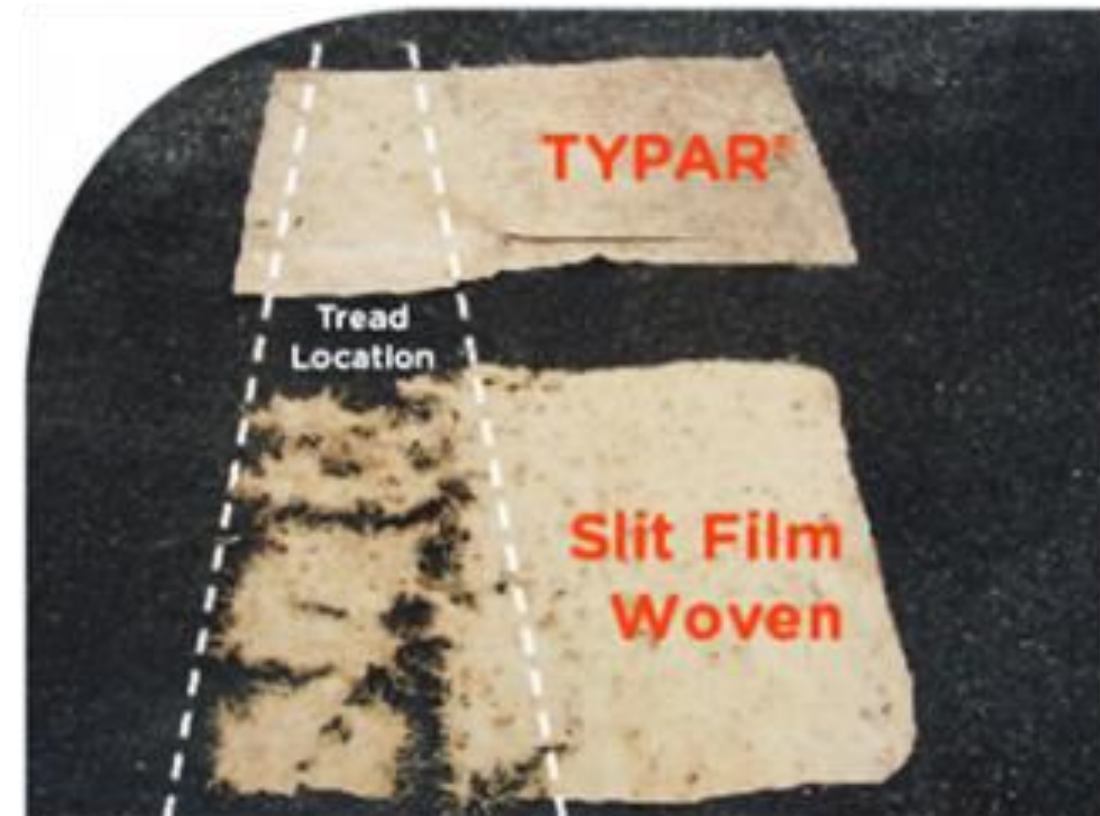


Imagen 12. Typar. Comparación de la degradación entre dos Geotextiles diferentes. Recuperado de: <http://www.typargeosynthetics.com>

Geotextiles sintéticos.

Los geotextiles elaborados con fibras sintéticas tienen un proceso de degradación más prolongado y una mayor resistencia al ataque de diferentes agentes externos como los microorganismos, el contacto con ácidos o con álcalis o su exposición prolongada a los rayos ultravioleta.

Además de contar con una mayor resistencia mecánica al estar en contacto con diferentes tipos de suelos.

A continuación, se muestra una tabla con un análisis hecho del libro de Hernández, H. (2010) "Transformación y Reciclado de Polímeros" de las diferentes degradaciones en polímeros adaptadas por la autora a los geotextiles y los agentes externos que los ocasionan.

TIPO DE DEGRADACIÓN	AGENTE EXTERNO
Biodegradación	Organismos vivos
Foto degradación	Luz ultravioleta del sol
Degradación oxidativa	Oxígeno activo
Degradación química	Reacciones químicas
Degradación térmica	Aumento en la temperatura
Degradación Hidráulica	Medio acuoso
Degradación mecánica	Esfuerzos mecánicos

Tabla 3. Degradaciones asociadas con los geotextiles. Fuente: creación propia.

1.1.8. Funciones y aplicaciones de los Geotextiles

Koerner, R. (2005) describe detalladamente las funciones y aplicaciones de los geotextiles y menciona que estos pueden cumplir diversas funciones de manera simultánea, por ejemplo, fungir como refuerzo del suelo y ayudar a la filtración del agua. Algunas de las funciones más comunes de los geotextiles son:

- Separación
- Refuerzo
- Filtración
- Drenaje
- Barrera contra la humedad

La selección de cada función dependerá de los objetivos particulares de cada proyecto y la problemática que se desea solucionar, por ejemplo:

- La separación de diferentes tipos de suelos, agregados, gravilla, etc.
- El refuerzo de un talud, una pendiente o del suelo para controlar o evitar la erosión.
- La filtración de agua de riego o de lluvia protegiendo el suelo o evitando la mezcla de materiales.
- El drenaje para transportar agua a través del material.
- Una barrera para evitar la generación de humedad en zonas o espacios específicos.

Separación de diferentes materiales: consiste en la separación de materiales con diferentes características como la granulometría, la composición, el peso o el tamaño evitando en todo momento la mezcla entre ambos.

En la imagen 13 se puede observar un sistema de aplicación de un geotextil para la separación de diferentes compuestos en un jardín. Este es el principio de aplicación para la construcción del pavimento hidráulico.

Su principal función es evitar que los sustratos se mezclen provocando hundimientos o ablandamientos del suelo con el paso del tiempo.

Esto resulta bastante conveniente cuando se tienen diferentes agregados de piedra, suelo u otros materiales ya que generalmente éstos se mezclan con el tiempo por acción de diferentes agentes externos como el peso, la gravedad o la carga externa que reciben.

Los agregados más finos se introducen en los agregados más densos, comprometiendo la integridad del proyecto en cuestión.

En este caso los geotextiles actúan como una barrera que separa de manera eficaz estos materiales prolongando el tiempo de vida de los proyectos.

Refuerzo de suelos débiles y otros materiales: los geotextiles poseen excelentes propiedades de tracción lo cual permite el reforzamiento de suelos o materiales débiles. Esta función aumenta principalmente las propiedades mecánicas del suelo, controlando las cargas recibidas.

Filtración: es la capacidad del geotextil para permitir el flujo de líquidos o gases a través de él, reteniendo a su vez el paso de materiales o partículas más grandes.

Barrera contra la humedad: la barrera contra la humedad se refiere a la capacidad del geotextil para evitar o aislar la humedad en zonas específicas.

Drenaje: es la capacidad del geotextil para transportar líquidos de un lugar a otro a través de su tejido.



Imagen 13. Geotex 2000. Paths and Parking. Recuperado de: <https://www.geotex2000.com/en/home-and-garden/>.

1.2. GEOTEXTILES EN EL PAISAJE

La aplicación de los geotextiles se contextualiza dependiendo de la ciencia o el campo de conocimiento desde el cual se enfoque. Una de ellas es el paisaje, cuyo carácter de aplicación requiere de un análisis exclusivo desde una perspectiva que busque su diseño, su conservación y su recuperación.

Como parte de las soluciones que brindan los geotextiles en este campo son su uso para la revegetación, la recuperación de cubierta vegetal, el control de erosión, la separación de diferentes agregados, el diseño de jardines, la estabilización de suelos y de pendientes, por lo que resulta importante conocer sus características para realizar una correcta aplicación.

Por ejemplo, tomando el caso del diseño de un jardín en un clima cálido con plantas nativas y escasas de agua, además de un buen sistema de riego será imprescindible el uso de un geotextil con excelentes características de resistencia a los rayos ultravioleta y buenas propiedades de retención de humedad para potenciar el crecimiento de la vegetación.

Sin embargo, en este mismo ejemplo, si se seleccionará un geotextil únicamente por su precio o la capacidad que tiene para degradarse, queda claro que no se lograrían resolver las problemáticas principales del proyecto.

1.2.1. Criterios para la selección de un geotextil en un proyecto de paisaje

Actualmente los métodos usados para la selección de un geotextil están basados en aspectos como los requerimientos del proyecto, la normatividad o el costo de adquisición. En esta investigación se busca ampliar este criterio analizando el entorno donde se implementará el material, sobre todo en aquellas zonas con un alto valor ambiental y/o con paisajes naturales.

Para determinar qué tipo de geotextil será el más adecuado en un proyecto de paisaje es necesario tomar en cuenta dos aspectos principales; la capacidad técnica del material y las características del paisaje.

CAPACIDAD TÉCNICA DEL MATERIAL

La capacidad técnica del material se refiere al tipo de funciones que puede ofrecer el geotextil. Como se detalló anteriormente existen diferentes tipos de geotextil y es precisamente esta característica lo que determinará las funciones máximas o las limitaciones que brindará el material, por ejemplo:

- **Geotextil no tejido.** Un geotextil no tejido proporcionará excelentes propiedades de filtración y humectación de suelos y plantas ya que actúa como una esponja que ayuda a retener líquido en su interior durante un tiempo limitado.
- **Geotextil tejido.** Este tipo de geotextil puede actuar como un excelente

CARACTERÍSTICAS DEL PAISAJE

Este criterio incluye el análisis de los aspectos ambientales y sensoriales del paisaje, los cuales se identifican de la siguiente manera:

Aspectos ambientales

- Características edafológicas: brindan información fundamental acerca de la dinámica ambiental del lugar:
 - Temperatura
 - Precipitación pluvial
 - Humedad
 - Asoleamiento
 - Vientos
 - Suelos

- La vegetación: determinará en gran medida la paleta vegetal y las condiciones necesarias para el crecimiento y el mantenimiento de las plantas.

- La fauna: ayudará a identificar el tipo de animales presentes en la zona para la elaboración de propuestas que consideren sus hábitos de vida y prevenir posibles riesgos.

Aspectos sensoriales

- Impacto cromático: la identificación de la gama cromática natural del lugar ayudará a la selección de un adecuado tono del geotextil que no disrumpa la armonía de la zona y funja como un excelente fondo del diseño.

- Mimetización con el entorno: es importante tener presente en todo momento que, si bien el geotextil es parte fundamental dentro del proyecto de paisaje, se debe procurar una mimetización natural evitando ser un punto de focalización o de notoriedad.

PROCESO DE RECUPERAMIENTO DE UN PAISAJE RURAL MEDIANTE EL USO DE GEOTEXILES DE FIBRA DE COCO EN UNA ANTIGUA MINA EN INDIA



Imagen 14. Uso de geotextiles para el mejoramiento de un paisaje rural en India. Recuperado de:
https://www.academia.edu/32698717/PERKEMBANGAN_INDUSTRI_DAN_LINGKUNGAN_SUMBERDAYA_ALAM_DAN_CADANGAN_HAYATI_PT_SEMEN_BATURAJA_

1.2.1.1. Aspectos ambientales

Temperatura

El análisis de la temperatura es un factor importante ya que determinará el grado térmico de la zona en cuestión, esta información ayudará a elegir geotextiles que se adapten mejor a estas condiciones.

En zonas con altas temperaturas es importante evitar materiales con baja resistencia térmica y a los rayos ultravioleta. El factor térmico de una zona podría incrementar las probabilidades de inflamabilidad ocasionando un resultado contraproducente.

Algunos geotextiles están diseñados como retardantes a la flama reduciendo su tiempo de combustión. Esta característica podría ser una estrategia conveniente para zonas con alto riesgo de incendios forestales. En zonas con temperaturas extremadamente bajas los requerimientos serán de materiales que logren soportar estas inclemencias sin romper su estructura física.

Precipitación pluvial

Los componentes presentes en la lluvia dependerán del contexto geográfico en que esta se manifiesta determinando la calidad del agua pluvial. En zonas urbanas es común encontrar componentes ácidos, microorganismos y metales pesados produciendo las conocidas "lluvias acidas". En zonas naturales o rurales la calidad del agua de lluvia tendrá una mejor calidad. Conocer esta información nos proporcionará herramientas para la elección de un geotextil que se adapte mejor a las condiciones pluviales.

Por otro lado, dado que la gota de lluvia es un agente erosivo, la precipitación pluvial nos ayudará a determinar el grado de susceptibilidad a la erosión del sitio.

En este caso la selección de geotextiles estará en función de su resistencia a los ácidos y al impacto de la gota de la lluvia para poder controlar la erosión.

Humedad

La humedad es la cantidad de agua o vapor de agua presente en determinada zona. Dependiendo de las necesidades de cada proyecto la humedad será un factor determinante que se buscará evitar o retener. Los geotextiles tienen la dualidad de aislar la humedad evitando que el agua penetre su estructura, o de retener la humedad creando ambientes de confort para el crecimiento de vegetación.

Los geotextiles no tejidos mostrarán mayor capacidad para la retención de humedad en comparación con los geotextiles tejidos. En este contexto es importante conocer el desempeño de cada tipo de geotextil. Por ejemplo, un proyecto desarrollado en una zona con vocación a encharcamientos, con suelo arcilloso y con altas precipitaciones pluviales requerirá de un geotextil que ayude a aislar el agua y la humedad protegiendo la estructura del suelo de posibles erosiones y deslizamientos.

Asoleamiento

Considerar el tipo de asoleamiento es importante ya que brindará información sobre la selección más conveniente del geotextil. Por ejemplo, en zonas muy expuestas a la radiación ultravioleta será conveniente el uso de un material capaz de resistir la intensidad de los rayos solares en comparación con una zona con poca luz donde lo más apropiado podría ser un geotextil que ayude a generar ambientes más cálidos.

Vientos

El viento puede ser un factor determinante al momento de la instalación de un geotextil. La fuerza que este aplica puede ocasionar el desprendimiento de los geotextiles del suelo principalmente en zonas expuestas. Asegurar su anclaje en el suelo ayudará a mejorar su desempeño en cualquier tipo de ambiente, especialmente en zonas con vientos fuertes.

El pH del suelo determina la cantidad de microorganismos que puede tener, los cuales a su vez tienen importancia en la formación de nutrientes para las plantas. En una escala de medición identificamos suelos ácidos, suelos neutros y suelos alcalinos.

Suelos ácidos: tienen pH menor que 7. Estas condiciones se dan por factores como altas precipitaciones y una importante presencia de materia orgánica.

Tomando en cuenta los rangos de acidez del suelo a continuación se presenta una tabla donde se muestran una serie de recomendaciones para el uso de geotextiles dependiendo del tipo de pH que se tenga en el suelo.

Esta tabla está basada en las propiedades de resistencia que tienen las fibras textiles al contacto con los ácidos y los álcalis y su uso es meramente referencial.

Suelos

Los suelos se caracterizan por sus diferentes propiedades como su textura, su color, la cantidad de materia orgánica que poseen o su pH. En México existe una diversidad de tipos de suelos. El potencial de hidrogeno presentes en ellos, es decir su pH, puede variar de ácido a alcalino dependiendo de la zona y el clima donde se encuentren. La acidez de los suelos está determinada por la cantidad de concentraciones de iones de hidronio.

Suelos neutros: tienen un pH igual que 7. Generalmente se diferencia por tener buenas condiciones de drenaje.

Suelos alcalinos: tienen un pH mayor a 7. Estas condiciones se dan en suelos con mal drenaje y en zonas con bajas precipitaciones.

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	TEXTILES						
	SINTÉTICOS			NATURALES			
pH	Polipropileno	Poliéster	Polietileno	Coco	Yute	Lana	Algodón
ÁCIDO	R	R	R	---	D	R	D
BASE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ALCALINO	R	R	R	---	PR	D	R

Tabla 4. Resistencia de los textiles a los diferentes tipos de pH.

R: Resistente
PR: Poco resistente
D: Es dañado
NA: No le afecta
--- : sin datos referenciales

Vegetación

El tipo de vegetación con el que se trabajará también definirá las características del geotextil. Cada planta requiere de condiciones especiales para adaptarse y sobrevivir.

Los geotextiles son aptos para albergar vegetación acuática y terrestre, pueden crear ambientes cálidos, reforzar el suelo, retener humedad y degradarse una vez que hayan cumplido su función.

Es importante consultar la información técnica de la vegetación que se utilizará ya que esto proporcionará mejores herramientas para determinar el geotextil más apropiado para el proyecto.

Por ejemplo, en plantas que necesiten grandes cantidades de agua será conveniente el uso de materiales que ayuden a retener la humedad, por otro lado, si lo que se necesita es la creación de microclimas cálidos lo más conveniente será el uso de geotextiles que ayuden a retener el calor.



Imagen 15. Pondkeeper. (2011). Tránsito de animales sobre un Geotextil. Recuperado de: <https://www.pondkeeper.co.uk>

Fauna & Animales

Los geotextiles al estar en contacto con el suelo muchas veces sirven de tránsito para animales terrestres y rastreros como los mamíferos, los roedores o los reptiles los cuales se muestran más vulnerables a estos materiales debido a sus hábitos de desplazamiento siendo más propensos a quedar varados entre los tejidos.

Generalmente el tipo de fauna dependerá de la zona geográfica y del clima con el que se cuente, aunque muchas veces es común encontrarse con especies introducidas.

De esta forma, es muy importante conocer estas especies y determinar el tipo de geotextil que se utilizará.

Las recomendaciones incluyen el conocimiento del tamaño de los animales circundantes y realizar una relación en función de la abertura del tejido del geotextil impidiendo o liberando el libre tránsito sin ningún riesgo.

De igual forma es importante que el geotextil quede perfectamente anclado al suelo y no genere bolsas o aberturas que propicien que los animales queden atrapados.



Imagen 16. CocoPlanet. Vegetación creciendo sobre el tejido de un Geotextil de coco. Recuperado de: <https://cocoplanete.com/geotextiles.html>.

Permeabilidad

Para esta investigación se puede abordar el estudio de la permeabilidad desde la perspectiva del suelo o desde la perspectiva del geotextil.

Desde el enfoque del estudio del suelo la permeabilidad será entendida como la capacidad de flujo que tienen los fluidos a través del suelo.

Para el caso de los geotextiles, la permeabilidad se trata del tamaño que tiene el tejido para permitir el paso de los líquidos o del aire.

Enfocándonos exclusivamente en el estudio del geotextil la cifra necesaria de permeabilidad estará determinada por el coeficiente de permeabilidad.

Un criterio importante es que “el coeficiente de permeabilidad en el caso de los geotextiles tejidos debe de ser 10 veces la permeabilidad del terreno y en el caso de los no tejidos de 100 veces la permeabilidad del terreno” (LOTRAK, p.2).

La diferencia consiste en que los geotextiles no tejidos son menos permeables que los geotextiles tejidos, lo cual es evidente al observar la diferencia en la estructura que posee cada uno.

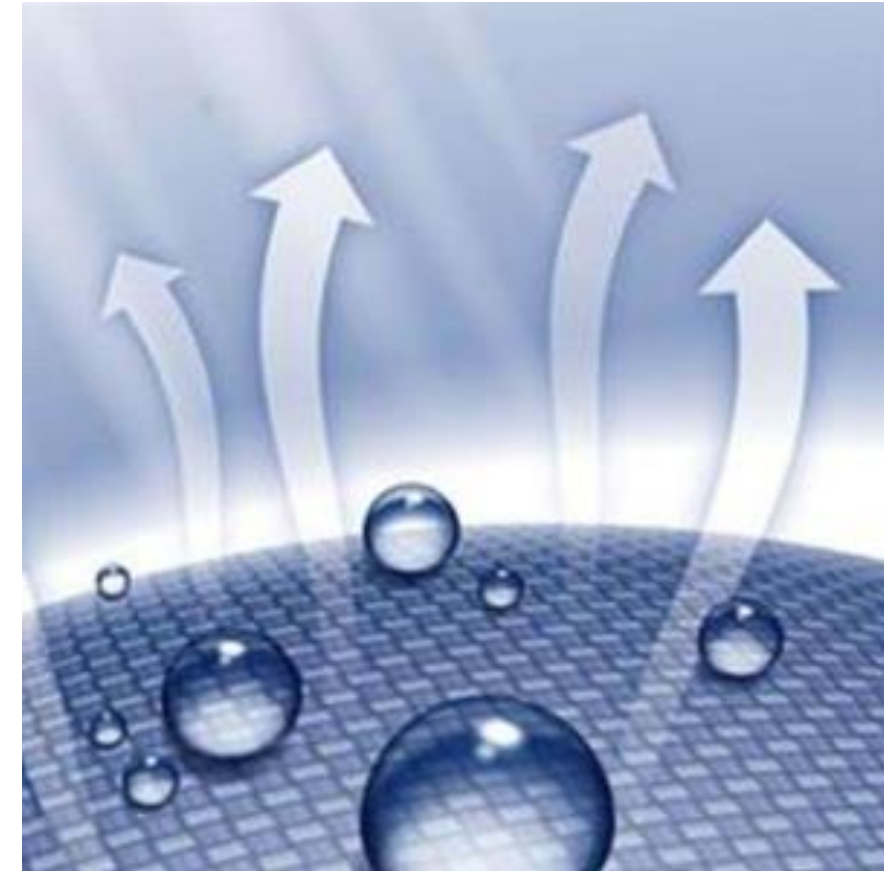


Imagen 17. TesTex. Esquema del coeficiente de permeabilidad en un tejido. Recuperado de: <https://www.testextextile.com>

1.2.1.2. Aspecto sensible

Impacto cromático

El impacto del color de los geotextiles resulta importante al momento de su aplicación en el paisaje por lo que su elección dependerá del uso final.

Generalmente colores grises, negros, blancos y jaspeados son encaminados para aplicaciones internas con poca o nula visibilidad del geotextil como lo son su uso para separación, asilamiento o filtración.

Por otro lado, los colores verdes, cafés y marrones se usan para el diseño externo en conjunto con las paletas vegetales buscando mimetizarlo con el medio.

En todo caso el objetivo primordial tendrá que ser un aspecto cromático armonioso entre el geotextil y su entorno, creando un equilibrio visual en el paisaje.

Mimetización con el entorno

Este aspecto es importante cuando se busca dejar una huella casi nula de la presencia del geotextil con el entorno.

Este objetivo se podrá lograr jugando con las gamas cromáticas del geotextil y el entorno o mediante el uso de componentes externos como la vegetación o el uso de mantillo natural.



Imagen 18. Adaptado de *Diferentes colores de Geotextiles*, por Anping Xingmao Metal Wire Mesh Co., Ltd; Shutterstock; Terram; Coirfed

1.3. INSTALACIÓN DE LOS GEOTEXTILES

La instalación de los geotextiles se ha profesionalizado de tal forma que actualmente se pueden encontrar diversas certificaciones y capacitaciones para su correcta instalación.

De esta manera, es común encontrarse con algunos errores durante la aplicación de un geotextil, muchos de ellos tienen que ver con la falta de experiencia o con la falta de información técnica.

Aquí se abordan algunas recomendaciones y se identifican algunos errores comunes que se presentan durante la instalación.

ASPECTOS A CONSIDERAR Y ERRORES COMUNES

1. Instalación

Uno de los pasos importantes, una vez que se tiene claro qué tipo de geotextil se usará, es la correcta instalación del material.

Este proceso se puede hacer de manera particular o a través de un equipo y de personal especializado, dependiendo del tamaño del espacio y los riegos que esto implique en el proyecto.

Por ejemplo, una instalación en un jardín no requerirá de las mismas medidas precautorias que una instalación en un talud o en un muro vertical.

La técnica de instalación de los geotextiles se ha perfeccionado tanto en los últimos años que han surgido asociaciones certificadas para la instalación de estos materiales.

Así, resulta evidente que este paso es muy importante ya una adecuada instalación asegura en gran medida que el geotextil pueda cumplir correctamente su función.

Algunos aspectos importantes a considerar antes y durante su instalación son:

- **Desenvolvimiento.** La presentación de los geotextiles siempre será en rollo al menos que se trabaje con cantidades mínimas por lo que es importante realizar un desenvolvimiento cuidadoso de los rollos, lo cual ayudará a evitar que el material se desgarre, se agujere, se rompa, pierda cobertura o tensión.
En proyectos grandes donde se trabaja con taludes y grandes áreas este proceso deberá realizarse con mayor precaución.
- **Anclaje.** También es importante asegurarse de que el geotextil quede perfectamente anclado al suelo y no se generen vacíos o bolsas de aire debajo de él.
El anclaje se puede llevar a cabo mediante el uso de estacas, fijaciones auto adhesivas, clavos de acero o de plástico.



Imagen 19. Habitissimo. España. Instalación de geotextil y césped artificial en Ayulebel. Recuperado de: https://fotos.habitissimo.es/foto/instalacion-geotextil-y-cesped-artificial_1455289



Imagen 20. Distriladam. Procesos de instalación de un geotextil para la adecuación de reservorio de agua. Colombia. Recuperado de: <https://www.distriladam.com/procesos-de-instalacion>



Imagen 21. Saforguia. Instalación de lonas de geotextil. España. Recuperado de: <https://saforguia.com/art/60282/la-chj-empieza-a-instalar-lonas-de-geotextil-en-la-actuacion-del-serpis-en-villalonga-contra-las-canas>

2. Características del paisaje

Las características del paisaje también están intrínsecas durante el proceso de instalación. Es importante considerar el entorno en su totalidad antes de la selección del geotextil y antes de su instalación y no omitir aspectos como el impacto visual que tendrá el material, el tipo de vegetación con el que se trabajará, el tipo de fauna que habita en la zona o los usos sociales que se le dará al espacio.

Impacto visual

Como se ha estudiado anteriormente, el impacto visual del geotextil juega un papel importante durante un proyecto de paisaje, a razón de esto han surgido diversas diferentes propuestas para disminuir o mimetizar el impacto visual que tendrá el material, como es el caso de los geotextiles en tonos verdes o marrón.

Antes de la instalación deberán de estudiarse a detalle estos aspectos para no irrumpir en la armonía cromática natural del lugar. En la imagen 22 se puede observar como un correcto tono del geotextil aporta armonía visual al paisaje.



Imagen 22. Coirfed. Geotextil de coco para control de erosión. India Recuperado de: <https://coirfed.com/products?category=COIR-GEOTEXTILES>

Vegetación

Por otro lado, analizando el ejemplo del tipo de vegetación se podría decir que seleccionar un geotextil que no favorezca ni solucione los requerimientos para el desarrollo de la vegetación podría traer como resultados la disminución del crecimiento o el nulo porcentaje de sobrevivencia de las plantas. En este caso los objetivos de revegetación no se lograrían.

Después de todo hay que recordar que algunos geotextiles están fabricados para impedir el crecimiento de malezas, incluyendo cualquier tipo de vegetación y que la forma de instalación potenciará estas características.

Fauna

Tomando la fauna como ejemplo podemos mencionar que algunas especies de animales en determinadas zonas suelen tener hábitos de alimentación y caza definidos, ignorar estas características podría ocasionar que el geotextil se vuelva un impedimento para su correcto desplazamiento.

En la imagen 23 se puede observar un claro ejemplo de un proyecto donde no se consideró el tipo de fauna que habitaba en la zona. La consecuencia fue la muerte de algunos ejemplares de serpientes que quedaron atrapadas entre los tejidos plásticos del material.

Aunque en el ejemplo anterior no se trata específicamente del caso de un geotextil, pero si de un geosintético cuya aplicación fue destinada como una red para el control de la erosión. Se puede observar una similitud en cuanto a la estructura del tejido de los geotextiles.



Imagen 23. Mark Backus. Serpiente enredada en el plástico de una red de control de erosión. Recuperado de: https://documents.coastal.ca.gov/assets/water-quality/permits/Wildlife-Friendly_Netted_in_Erosion_&_Sediment_Control-Factsheet_r5_Sept_2016.pdf

Usos sociales

El uso social del espacio es importante para el proyecto de diseño de paisaje. Esto permitirá saber el tipo de rendimiento que necesitará el geotextil como la carga que soportará o la resistencia a la fricción necesaria.

Un claro ejemplo de esto, son los muros verdes de la Av. Periférico en la Ciudad de México, los cuales además de brindar servicios ecosistémicos tienen el objetivo de mejorar la experiencia de viaje del conductor generando un recorrido más ameno, sobre todo en las horas con más carga vehicular.

Para este proyecto en particular se observa el uso de un geotextil lo suficientemente resistente para soportar el peso de las plantas, brindarles humedad y resistir al desgaste por incidencia solar. De igual forma, se observa en la base de las columnas de los muros una barrera de protección para mejorar la capacidad de vida del geotextil y las plantas, pensando quizás prevenir posibles contactos, roces con residuos, inundaciones o percances vehiculares.



Imagen 24. INFOBAE. Jardines sobre el concreto. México. Recuperado de:
<https://www.infobae.com/america/mexico/2019/07/02/jardines-sobre-el-concreto-la-idea-disruptiva-que-oxigena-a-la-frenetica-ciudad-de-mexico/>

1.4. GEOTEXTILES EN LA ACTUALIDAD

De acuerdo a la norma internacional ASTM D4439 (2020), un geotextil es “un geosintético permeable compuesto únicamente por textiles” (p. 6).

Bajo este término hoy en día existen una extensa variedad de geotextiles diseñados para cumplir funciones específicas como separación, refuerzo, filtración o drenaje.

Los geotextiles se utilizan con fondos, suelo, roca, tierra o cualquier otro material relacionado con la ingeniería geotécnica como parte integral de un proyecto, estructura o sistema hecho por el hombre” (ASTM D4439, Standard Terminology for Geosynthetics).

De esta manera los geotextiles forman parte de la familia de los geosintéticos los cuales se caracterizan por brindar una extensa gama de funciones geotécnicas. Comercialmente encontramos a los geosintéticos bajo designaciones patentadas o nombres comerciales.

- Control de la erosión
- Geotextiles pretratados
- Revegetación
- Fitodepuración de aguas residuales
- Retención de agua
- Modelado de terreno

En términos generales, los geosintéticos son clasificados como:

- Geotextiles
- Geomallas
- Georedes
- Geomembranas
- Geotubos
- Geocompuestos
- Geomantas
- Otros

El aumento en la demanda ha provocado que la utilización de los geotextiles se diversifique a diferentes aplicaciones como:

- Refuerzo para césped
- Control térmico
- Bolsas de filtro de deshidratación de sedimentos y lodos
- Retención de sedimentos
- Materiales anti hierbas
- Delimitación de raíces

1.4.1. Control de la erosión

El paisaje es propenso a la erosión natural del suelo debido a factores como la lluvia o el viento, sin embargo, la actividad antrópica ha acelerado este proceso causando visibles consecuencias en la pérdida de suelo y vegetación en las zonas afectadas.

La prevención de los procesos erosivos resulta importante ya que ayudará a conservar la calidad ambiental del sitio en cuestión.

Los geotextiles usados para el control de la erosión ayudan a conservar el suelo y la vegetación en diferentes topografías, son uno de los geosintéticos más comunes y según un estudio realizado en 2017 por la empresa “Adroit Market Research” el uso de ellos para el control de la erosión será unas de las aplicaciones más importantes en los próximos años, con un pronóstico de 2018 a 2025, por lo que su uso y demanda seguirá en aumento.

Para el control de la erosión estos materiales pueden tener un periodo de vida corto o prolongado, las composiciones van desde los materiales hechos a partir de fibras sintéticas como el polietileno o el poliéster, o los elaborados con fibras naturales como el yute, heno o el coco.



Imagen 25. Dheera Coir Industries. India. Aplicación de Geotextiles para el control de la erosión hídrica en un Estanque.
Recuperado de: <https://www.indiamart.com/proddetail/coir-geotextiles-matting-erosion-control-15431028091.html>.



Imagen 26. Tex Delta. España. Ejemplo de aplicación de Geotextiles para el control de la erosión y revegetación. Recuperado de: <https://texdelta.com/biomalla-para-erosion-en-taludes-laderas-y-en-suelos/>.

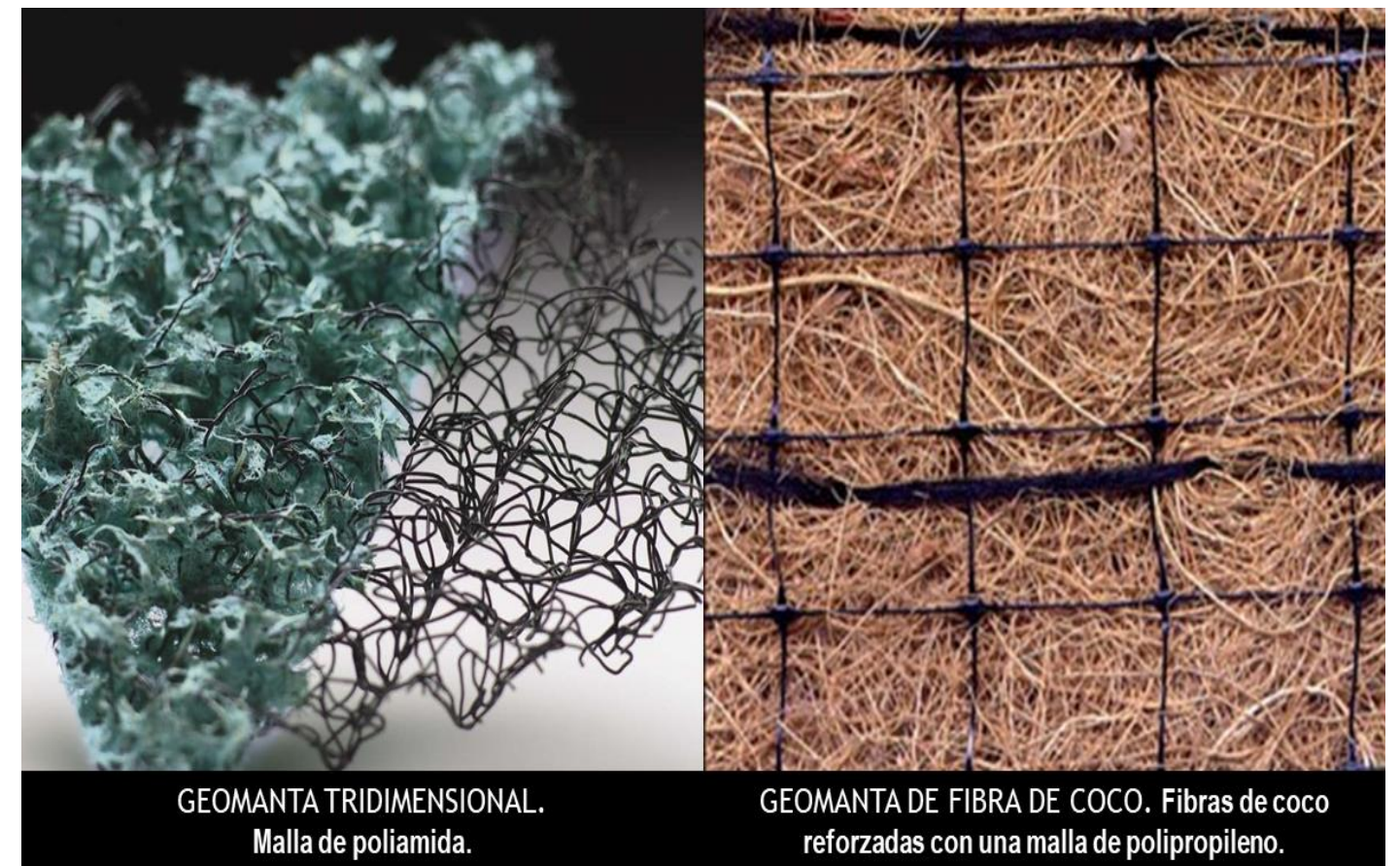


Imagen 27. Arpimix. México. Geomantas para el control de la erosión. Recuperado de: <https://arpimix.com/productos/geomanta-tridimensional/>.

1.4.2. Geotextiles pretratados y revegetación

Empresas como Bonterra Ibérica muestra el desarrollo de algunos geotextiles previamente tratados con químicos o semillas que ayudan a realizar una revegetación más rápida y efectiva. Esto permite una dualidad muy efectiva que ayuda a revegetar y controlar la erosión del suelo al mismo tiempo. Generalmente se observan estructuras tridimensionales, con una base textil a base de fibras naturales o sintéticas, contienen un fieltro biodegradable formado por fibras de celulosa natural que contienen una selección especial de semillas de gramíneas y fertilizantes.

La revegetación de espacios urbanos o naturales es una tendencia ecológica que sigue en aumento en gran parte de los países y que permite mejorar las funciones ecológicas y visuales de ciertas zonas.



Imagen 28. Bonterra Ibérica SL. España. Malla volumétrica presemillada. Recuperado de: <https://www.controlerosion.es/productos/mallas-volumetricas>.

A esta tendencia los geotextiles han dado una gran solución ya que son utilizados para la revegetación de muros o superficies de hormigón en zonas rurales o urbanas. Un ejemplo son los fieltros que son tejidos de celulosa biodegradable que contienen semillas y fertilizantes distribuidos uniformemente y en cantidades controladas. Estas semillas al estar dentro del tejido, están protegidas contra la lluvia, las aves e insectos, además de que se mantienen dentro del fieltro aun en pendientes muy pronunciadas.

La empresa suiza HYDROSAAT utiliza un tejido de sedum, el Xeroflor® Plus. Este tejido está precultivado con sedum sobre esteras tridimensionales de fibra de coco y brinda protección contra los rayos ultravioleta y el clima, evita la retención de humedad y funciona como aislante de sonido.



Imagen 29. Hydrosaat. Suiza. Instalación de un sistema Xeroflor. Recuperado de: <https://hydrosaat.ch/de/portfolio-items/dachbegruenung-xeroflor/>.

Fitodepuración de aguas residuales

La recuperación de las funciones ecológicas en el paisaje también son algunas de las aplicaciones que ofrecen los geotextiles, como es el caso de los sistemas de fitodepuración.

Los colchones orgánicos son un tipo de geotextiles destinados a fungir como estructuras flotantes en los sistemas de fitodepuración, están compuestos por redes tejidas de fibra de coco o fibras sintéticas y contienen elementos flotadores como espumas de polietileno de baja densidad.

La estructura de las redes permite albergar plantas acuáticas o xerófilas. Pueden ser aplicados en la restauración de espacios erosionados o como sistemas de depuración de aguas en el diseño de jardines acuáticos o islas flotantes.

Estos materiales también pueden cumplir una función integradora del paisaje optimizando sus funciones ecológicas como refugio de fauna y mejorando la calidad del agua.



Fitodepuración con colchones de Geotextiles

Imagen 30. Bonterra Ibérica SL. España. Colocación de Geotextiles para fitodepuración de un estanque. Recuperado de: <https://www.controlerosion.es>

1.4.3. Bolsas de filtro de deshidratación de sedimentos y lodos

Las temporadas pluviales son procesos naturales que pueden modificar el paisaje debido al arrastre de sedimentos y lodos, en algunas ocasiones contaminando ríos o estanques.

Las bolsas de deshidratación ayudan a eliminar materiales no deseados de la descarga o de la escorrentía de aguas pluviales en jardines o en obras de construcción controlando la cantidad de sedimento o contaminación que sale de un sitio determinado.

Estas bolsas también pueden alargar su ciclo de vida y función como material para compost después de su uso.



Imagen 31. GeiWorks. EEUU. Bolsa de deshidratación. Recuperado de: <https://www.solhute.com/>.

1.4.4. Retención de sedimentos

El control de sedimentos es importante durante las intervenciones en obras y proyectos. Ayuda a contener ciertos materiales y evita la mezcla entre ellos.

Para el control de estos sedimentos los geotextiles son utilizados como barreras permanentes o temporales.

Estos materiales, en su mayoría sintéticos, son tejidos que poseen una alta resistencia a los rayos ultravioleta, tienen buena estabilidad dimensional, gran resistencia a la tracción y un bajo alargamiento, lo cual los hace aptos como barreras temporales de sedimentos.



Imagen 32. GeiWorks. EEUU. Bolsa de deshidratación. Recuperado de: <https://www.solhute.com/>.

1.4.5. Geotextiles anti hierbas

Las hierbas son muy comunes en cualquier espacio que contenga vegetación, y son excelentes albergues para el crecimiento y la reproducción de plagas y hongos que pueden afectar y enfermar directamente a otras especies vegetales, por lo que su control y prevención es importante en los proyectos de paisaje.

Los geotextiles anti hierbas son materiales que evitan el crecimiento o la aparición de hierbas y raíces en el suelo.

En su mayoría están hechos de fibra de polipropileno debido a su alta tenacidad y resistencia a la degradación.

Estos tejidos protegen las raíces, proporcionan calor reduciendo los choques térmicos, evitan el crecimiento de malezas y permiten el paso del agua.

Son aptos para el uso con mulching además de que protegen el suelo de la erosión hídrica y la compactación causada por la lluvia.

Las aplicaciones pueden ir desde su uso en campos de cultivo, jardines botánicos, como elementos decorativos o para la colocación de césped artificial.

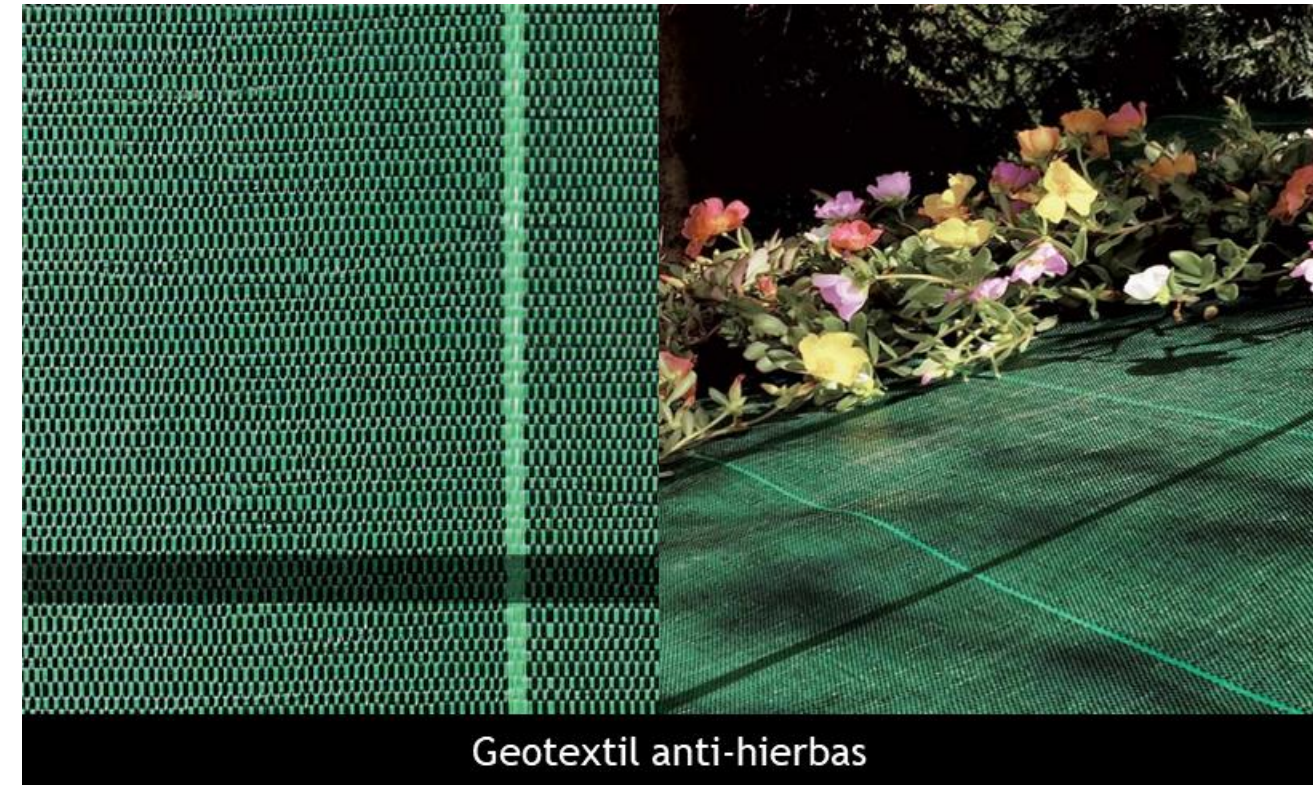


Imagen 33. TerramGeosynthetics. Geotextil para control de raíces. Recuperado de: <https://www.terramgeosynthetics.com>.

1.4.6. Delimitación de raíces

Sin duda uno de los principales objetivos al diseñar con elementos naturales es planificar espacios donde las plantas puedan desarrollarse adecuadamente y de forma natural, sin embargo, no siempre sucede así, la falta de una adecuada planificación causa problemas para las plantas y las edificaciones cercanas a ellas como es el caso del crecimiento de las raíces.

Los geotextiles para el control de raíces son una ayuda que posibilita a las plantas prevalecer en su lugar de origen delimitando las áreas que se busca proteger de sus raíces.

Estos tejidos hechos de fibras de polietileno o polipropileno poseen una excelente resistencia a la tracción y a la perforación. Evitan y delimitan el desarrollo de raíces ayudando a proteger edificios, paredes, tuberías y caminos.



Imagen 34. TerramGeosynthetics. Geotextil para control de raíces. Recuperado de: <https://www.terramgeosynthetics.com>.

Control térmico

Durante el diseño de jardines o en la conservación de ciertos espacios en el paisaje puede ser común encontrar algunas especies vegetales que son susceptibles a los cambios bruscos de temperatura.

Las mantas térmicas son un tipo de geotextil no tejido utilizado para proteger las plantas de las bajas temperaturas. Pueden aplicarse en jardines exóticos, en la agricultura o en huertos.

Este material resiste los rayos ultravioleta y su estructura porosa permite la entrada y salida del aire y el agua.

Además del control térmico, también permite el control biológico en los cultivos y jardines protegiéndolos de las plagas, depredadores y algunas enfermedades.



Imagen 35. Adaptado de Mantas térmicas, por Pampols; Thrace Group. Recuperado de: <https://www.thracegroup.com>

1.4.7. Refuerzo para césped

Los geotextiles también ayudan a facilitar el establecimiento del césped actuando como un refuerzo del suelo sobre todo en zonas con pendientes.

Su estructura tridimensional permite que las raíces tengan un mejor agarre, al mismo tiempo que el microclima creado por el geotextil genera un ambiente de confort que mejora el crecimiento del césped.

Pueden estar fabricados de polipropileno o poliéster, poseen una alta resistencia a los rayos ultravioleta, son permeables y tienen una alta velocidad de flujo.

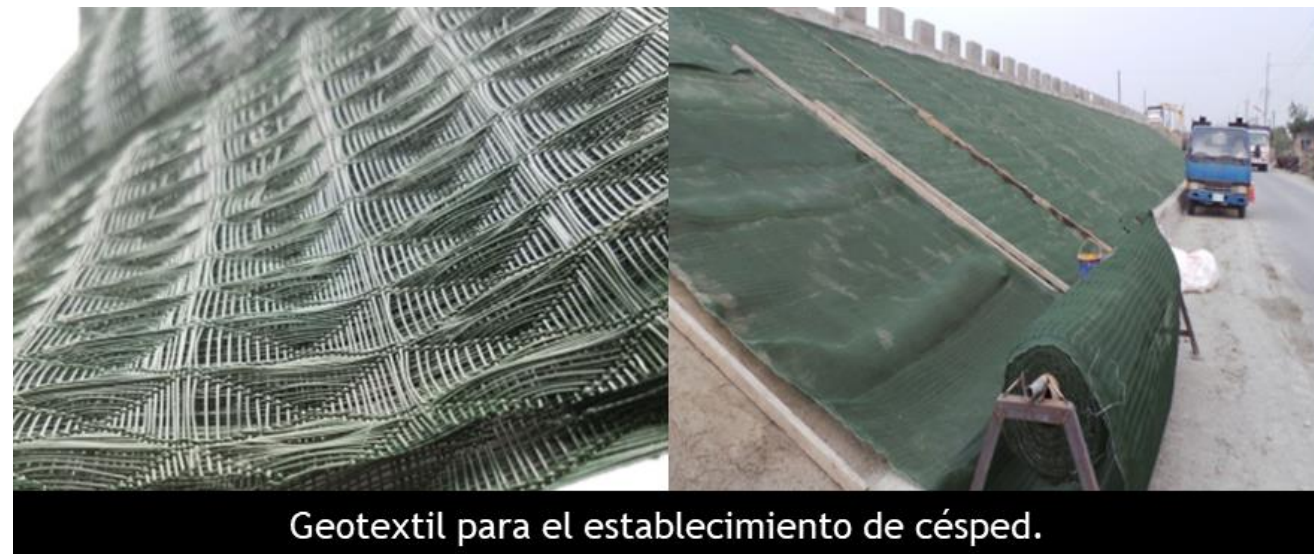


Imagen 36. Geotrstes. Geotextil para césped. Recuperado de: <http://m.geotrstes.com>

1.4.8. Modelado de suelos

El modelado de suelo crea efectos visuales que resultan llamativos en el paisaje. Para su diseño se requieren herramientas y tecnologías que ayuden a conservar las pendientes, las topografías o las curvas de nivel establecidas.

Los geotextiles, y algunos geosintéticos como las geomallas, los fieltros vegetativos o las biomantas ayudan a reforzar y contener el suelo en terrenos planos, en pendientes y en taludes permitiendo proyectar mejor y durante más tiempo los diseños.



Imagen 37. Tenax. Geotextil para modelado de suelo. Recuperado de: <https://www.tenax.net/en/geosynthetics/>

1.4.9. Retención de agua

Las mallas geotextiles también ayudan a retener el agua debido a su alta capacidad de conducción de líquidos y aire.

Esta cualidad resulta efectiva para mantener el suelo o las raíces hidratadas por más tiempo. Han sido bastante útiles en el trasplante de árboles y se caracterizan por ser productos biodegradables que se reintegra naturalmente con la tierra después de su uso sin afectar el crecimiento de las raíces.



Imagen 38. Digebis. Malla geotextil retenedora de agua. Recuperado de: <https://www.digebis.com/>

1.5. EL PAISAJE Y LOS GEOTEXTILES

1.5.1. Paisaje

El paisaje es estudiado en diferentes disciplinas, cada una con una perspectiva de estudio diferente. La geografía, la arquitectura, la ingeniería o la biología tendrán una apreciación particular según sus objetivos de estudio.

Los acuerdos internacionales y las cartas de paisaje han buscado a lo largo del tiempo una terminología universal que conduzcan a una mejor gestión del paisaje. De acuerdo con la definición del Convenio europeo del paisaje “Por “paisaje” se entenderá cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos” (CONVENIO EUROPEO DEL PAISAJE, 2000, p.2).

Muchos trabajos de investigación plantean términos particulares que ayudan a abordar el paisaje desde una perspectiva más integral. Tomando como ejemplo El libro del Barrio de la Banda encontramos que “El paisaje es resultado de la combinación dinámica de fenómenos físicos, biológicos y antrópicos que interactúan entre sí y caracterizan el paisaje como un conjunto único y diferenciable, que se manifiesta en constante evolución a través del tiempo...” (Martínez F., El barrio de la Banda, 1993, p.39).

Cada paisaje posee un carácter único definido por el contexto histórico, social, artístico o natural. Así, los paisajes se clasifican en tipologías que ayudan a su estudio de manera más especializada.



Imagen 39. Hydrosaat AG de St. Ursen. Aplicación de geotextiles de coco para la recuperación de vegetación en el paisaje de Grimsel, Suiza. Recuperado de: <https://hydrosaat.ch/de/>

1.5.2. Paisaje cultural

Cuando el paisaje adquiere valores específicos de una cultura y forma parte de la identidad de una sociedad se le denomina paisaje cultural. La Carta Iberoamericana Del Paisaje Cultural define el paisaje cultural de la siguiente forma:

Un paisaje cultural es el resultado de la interacción del ser humano sobre el medio natural, las huellas de sus acciones en un territorio cuya expresión es percibida y valorada por sus cualidades específicas y, por ser soporte de la memoria y la identidad de una comunidad. Todo territorio que cuenta con cualidades estéticas e históricas debe ser considerado como paisaje cultural y no tan solo como sitios que requieren de atención por su vulnerabilidad. (CARTA IBEROAMERICANA DEL PAISAJE CULTURAL, 2012, p. 1).

1.5.3. Paisaje rural

Los paisajes rurales conservan en gran medida elementos naturales propios del ecosistema que los define, sin embargo, también poseen una huella evidente de la intervención humana. Algunos elementos como el establecimiento de infraestructura básica o actividades como la agricultura o la ganadería son características visibles en los paisajes rurales.

1.5.4. Paisaje urbano

Los paisajes urbanos se distinguen por estar visiblemente modificados por el ser humano. Poseen elementos tangibles como edificaciones, viviendas e infraestructuras complejas. También tienen elementos sensibles como la imagen urbana o la cultura. Una característica importante es que mientras los elementos no orgánicos predominan, los elementos naturales son escasos.

1.5.5. El paisaje y los geotextiles

El paisaje es un sistema complejo de elementos que se entretajan y destajan con el tiempo. La analogía del paisaje como un tejido se ve reflejada en sus redes sociales, sus redes culturales y sus redes naturales.

El diseño y la conservación del paisaje requiere de materiales y herramientas que se adapten a la complejidad y al constante cambio al que se ve sometido.

Los geotextiles son capaces de adaptarse a estas necesidades, son funcionales en diferentes topografías tanto en ambientes terrestres como en ambientes acuáticos, pueden retener o aislar la humedad, poseen una velocidad de flujo, estabilizan el suelo y estimulan el crecimiento de la vegetación.

En la Carta del Paisaje de las Américas (2018) se menciona que “la conservación y el diseño del paisaje son uno de los principios para su manejo y gestión (p.10). De esta forma, haciendo un análisis del término “conservación” en el paisaje tenemos que es “un conjunto de acciones y estrategias con el propósito de mantener y transmitir al futuro, lo más posible, el mensaje cultural intrínseco del territorio, el trazado del pasado, de aquellos significados característicos de un paisaje” (Carta del Paisaje de las Américas, 2018, p.10).

Estas acciones y estrategias involucran el uso de materiales y tecnologías que ayuden a la conservación del paisaje, como lo es el uso de los geotextiles, los cuales funcionan como los materiales de ayuda en la ejecución de las mismas.

1.6. PROYECTOS INTERNACIONALES

El panorama internacional muestra una diversificación en la aplicación de los geotextiles llevando su uso a una transición más integral de la ingeniería y la infraestructura urbana a la naturaleza y el diseño de paisaje.

Las empresas buscan aprovechar al máximo todas las cualidades que brinda un geotextil para maximizar los resultados en intervenciones en ambientes urbanos y naturales.

Algunas de ellas ofrecen servicios especializados para complementar la aplicación de geotextiles como el desarrollo de estudios técnico-económicos, estudios climáticos, estudios botánicos, estudios edafológicos e hidrológicos.

Algunos proyectos de paisaje en el ámbito internacional incluyen el uso de geotextiles para:

- Diseño de zonas ajardinadas
- Instalación de islas flotantes
- Revestimiento de taludes
- Integración paisajística
- Protección y recuperación ambiental



Imagen 40. Projar. Zona ajardinada. Recuperado de: <https://www.projar.es>



Imagen 41. Projar. Islas flotantes. Recuperado de: <https://www.projar.es>



Imagen 42. Projar. MALLA ANTIHIERBAS DUPONT™PLANTEX®. Recuperado de: <https://www.projar.es>

RECUPERACIÓN AMBIENTAL DEL MARGEN DE UN RIO CON GEOTEXTILES VALENCIA, ESPAÑA.



Imagen 43. Projar. PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL DEL MARGEN DERECHO DEL RÍO JÚCAR. Recuperado de: <https://www.projar.es>

1.7. PROYECTOS NACIONALES

En el ámbito nacional los geotextiles son fabricados o importados por empresas nacionales e internacionales. Los sectores en que se enfocan estas empresas son la ingeniería civil, la arquitectura y en menor medida al paisajismo o la arquitectura del paisaje.

Dentro de sus principales servicios ofrecen la instalación de estos materiales con personal certificado para garantizar el buen desempeño de los proyectos, y en algunos casos servicios de hidrosiembra.

Dentro de los principales productos geosintéticos que ofrecen se encuentran en mayor porcentaje los geotextiles, seguidos por las geomembranas y las geomantas. También es común la comercialización de otros tipos de geosintéticos como las georedes o las geomallas.

Las principales aplicaciones que se observan en orden de relevancia son:

- Separación
- Filtración
- Control de la erosión
- Refuerzo
- Drenaje
- Reservorios de agua
- Lagos ornamentales
- Muros y azoteas verdes
- Obras medioambientales
- Protección
- Obras marítimas
- Barreras acústicas

Algunos de los proyectos realizados incluyen su uso para protección anti hierbas, impermeabilización, diseño de lagos artificiales o el control de erosión en taludes.



Imagen 44. Protección anti hierbas en el Jardín Botánico de la UNAM. (2018). Coyoacán, Ciudad de México. Fuente: creación propia.

INSTALACIÓN DE VEGETACIÓN CON GEOTEXILES EN AZOTEAS. MÉXICO



Imagen 45. Geomembranas mexicanas. Impermeabilización con geomembrana de PVC para azoteas verdes. Recuperado de: <https://geomembranasmexicanas.com>

CONTROL DE EROSIÓN Y REVEGETACIÓN CON GEOTEXILES JALISCO, MÉXICO



Imagen 46. Mi ingeniería. Control de erosión en talud reforzado. Recuperado de: <https://mlingenieria.com>

1.8. DESARROLLO E INVESTIGACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE GEOTEXTILES

Como respuesta a las demandas universales para el desarrollo de geotextiles más eficaces y especializados, en los últimos años han surgido investigaciones y propuestas de materiales más innovadores y resistentes, explorando incluso nuevas técnicas para su obtención.

1.8.1. Geosintéticos elaborados en impresoras 3d

Las impresoras 3d han sido una herramienta muy útil para el desarrollo de nuevos geosintéticos, entre ellos los geotextiles.

El diseño y la experimentación de nuevas estructuras han agilizado el descubrimiento de nuevos niveles de desempeño para estos textiles.

El doctor Gary Fowmes de la Universidad de Warwick Inglaterra, ha sido el responsable de llevar esta investigación y se ha encargado de desarrollar nuevos patrones de texturas para buscar mejorar la resistencia de los geotextiles.

Su investigación se centra en estudiar las superficies de contacto geosintéticas y como estas se modifican con su exposición al rasgado obteniendo resultados interesantes perceptibles a través de la microscopia SEM.

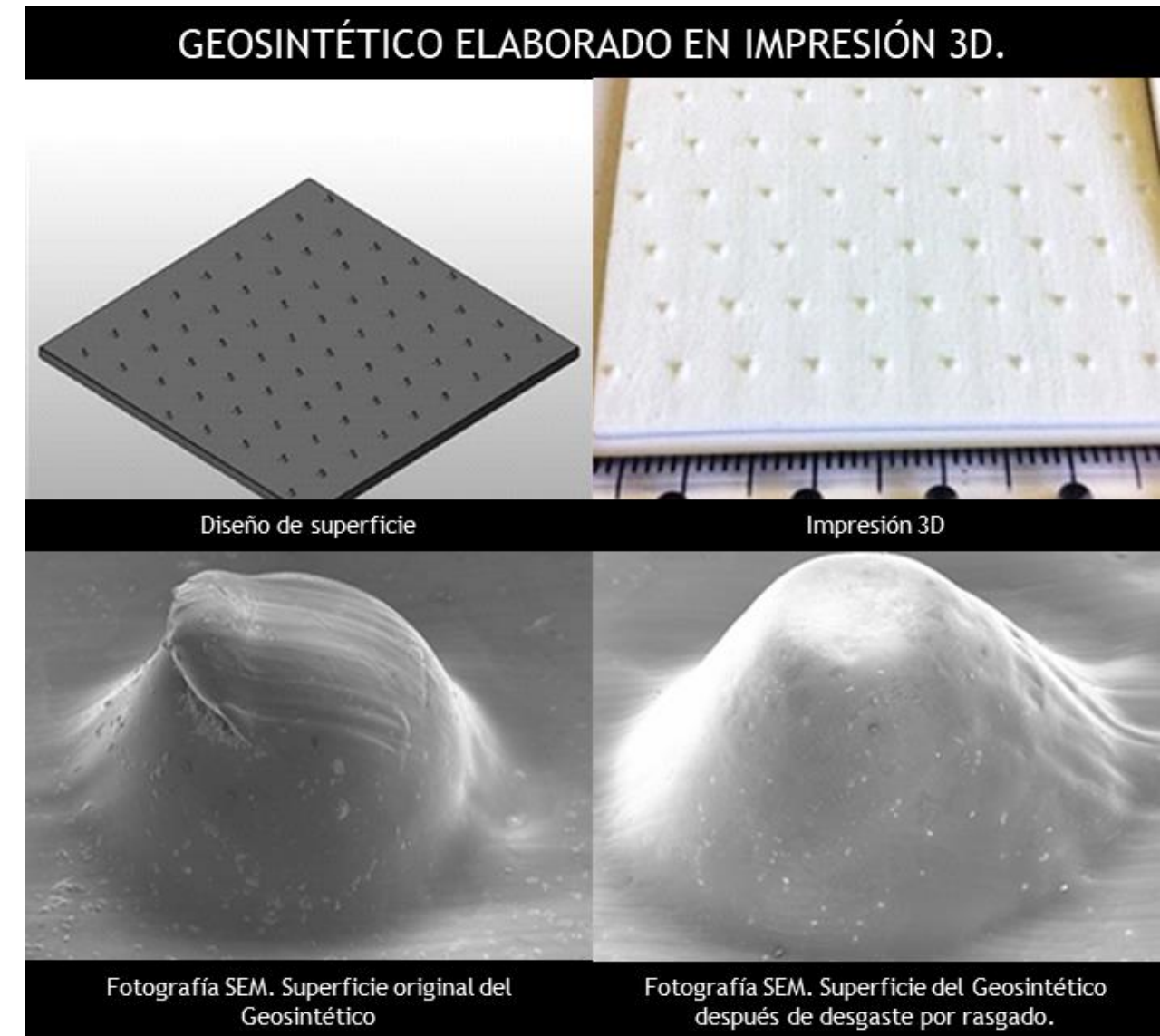


Imagen 47. Fowmes G. Geosintético elaborado en una impresora 3D. Recuperado de: <https://www.geosynthetica.com>

1.8.2. Geosintéticos multicapa

El desarrollo de materiales multicapas ha sido una de las innovaciones más prometedoras para el mejoramiento de la resistencia de los geosintéticos.

La empresa internacional HUESKER desarrollo un geosintético compuesto por dos capas externas de geotextil y una capa interna compuesta con carbón activado, el cual es utilizado para el tratamiento del agua potable en la industria y en plantas de aguas residuales.

Este geosintético está diseñado para ser eficaz en la absorción de aceites petroquímicos previniendo la migración de contaminantes de un lugar a otro.

Estas cualidades podrían resultar beneficiosas en una gran variedad de aplicaciones para el mejoramiento de suelos y aguas subterráneas.



Imagen 48. Huesker. Geosintético multicapas con carbón activado. Fuente: <https://www.huesker.com>

1.8.3. Geotextiles con sensores integrados

El desarrollo de geotextiles y geosintéticos con sensores integrados busca resolver los problemas de monitoreo constante que se requieren en los proyectos una vez que su etapa de instalación concluye.

Las propuestas incluyen una investigación hecha a cargo del doctor Clemente Fuggini en Génova Italia que se centró en el desarrollo de geotextiles con sensores capaces de monitorear el estado de los geosintéticos. El sistema funciona cuando detecta una anomalía en el material, como el exceso de carga o cambio de temperatura, e inmediatamente produce una alarma que alerta al personal encargado de la situación. El objetivo principal es la prevención de fallos en terraplenes ferroviarios. Estos materiales podrían ser clave en la restauración de paisajes donde las condiciones necesiten un monitoreo constante que ayuden a salvaguardar mejor los objetivos del proyecto.



Imagen 49. Fuggini C. (2016). Uso de geotextiles para la prevención de fallas en terraplenes ferroviarios. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/>.

Otro ejemplo es GeoDetect, un producto desarrollado por la empresa TenCate que consiste en una malla geotextil compuesta y una red de fibras ópticas que crea un sistema de monitoreo geotécnico, además de que el material es impermeable y resistente a la corrosión.

Este material permite realizar el monitoreo del subsuelo aportando información sobre la temperatura, deformaciones, inestabilidades, erosiones o cualquier tipo de cambio. Cuenta con un sistema de alerta que envía señales en caso de alguna anomalía.

Estas funciones podrían permitir hacer un monitoreo más eficaz del estado y la salud de plantas y árboles en el desarrollo y conservación de proyectos en el paisaje.



Imagen 50. GeoDetect. Geotextiles para monitoreo geotécnico. Recuperado de: <https://www.tencategeo.com>

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN GEOTEXTIL EN UN DISEÑO EXPERIMENTAL

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN GEOTEXTIL EN UN DISEÑO EXPERIMENTAL

2.1. DESARROLLO EXPERIMENTAL

El diseño experimental consistió en el desarrollo de un modelo efectivo que permitiera validar la información recopilada acerca de la funcionalidad de los geotextiles.

El objetivo principal radicó en que todos los datos obtenidos pudieran proporcionar herramientas para la aplicación de los geotextiles en futuros proyectos de paisaje en México, específicamente para la revegetación y la conservación de suelos en áreas degradadas.

El desarrollo del experimento está fundamentado desde la perspectiva del paisaje donde se retomaron aspectos significativos para su conservación, como el tipo de suelo, el riego, el impacto del geotextil y el uso de vegetación nativa del valle de México.



Imagen 51. Jaspalache *Sedum moranense*. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx/taxa/203990-Sedum-moranense>

Diseño experimental:

“Aplicación de un geotextil no tejido de lino para el control de la erosión y el favorecimiento de la vegetación en un sistema simulado de pendientes de 45° con variantes de suelo tipo andosol y litosol”.

La fase experimental consistió en la evaluación del comportamiento un geotextil no tejido de lino sometido a diferentes variables ambientales, se desarrolló en una pendiente de 45° que permitieran determinar su capacidad para el control de erosión y el favorecimiento del crecimiento de la vegetación.

A continuación, se presenta una descripción introductoria de las variables y especificaciones necesarias para el desarrollo de este experimento.

DURACIÓN DEL PROYECTO

La duración total de la etapa experimental fue de 6 meses, iniciando en enero del año 2020 y finalizando en julio del mismo año.

Este lapso fue únicamente representativo considerando un tiempo suficiente para poder visualizar y medir el crecimiento de la vegetación.

CARACTERÍSTICAS DEL GEOTEXTIL

Se utilizó un geotextil no tejido elaborado con fibras de lino. Este material tiene la característica de aportar buena capacidad para retención de humedad además de presentar una degradación más amigable.

La cantidad total de geotextil utilizado para este experimento fue de 2 metros cuadrados, con un calibre de 300 gsm. El lienzo para cada módulo tuvo una medida de 40 cm de ancho por 60 cm de largo.

MODULOS DE EXPERIMENTACIÓN

Se diseñaron una serie de 8 módulos de madera, emulando pendientes. El objetivo fue poner a prueba la capacidad del geotextil para la retención del suelo y el control de la erosión en una pendiente diseñada de 45°, siendo este tipo de pendientes las más propensas a efectos erosivos. Las medidas de cada módulo fueron de 40 cm de ancho, 40 cm de alto y 40 cm de largo.

Se utilizaron en total una serie de ocho módulos de madera previamente tratada para resistir el agua y la humedad. Los módulos fueron llenados con tierra de suelo tipo andosol y litosol.

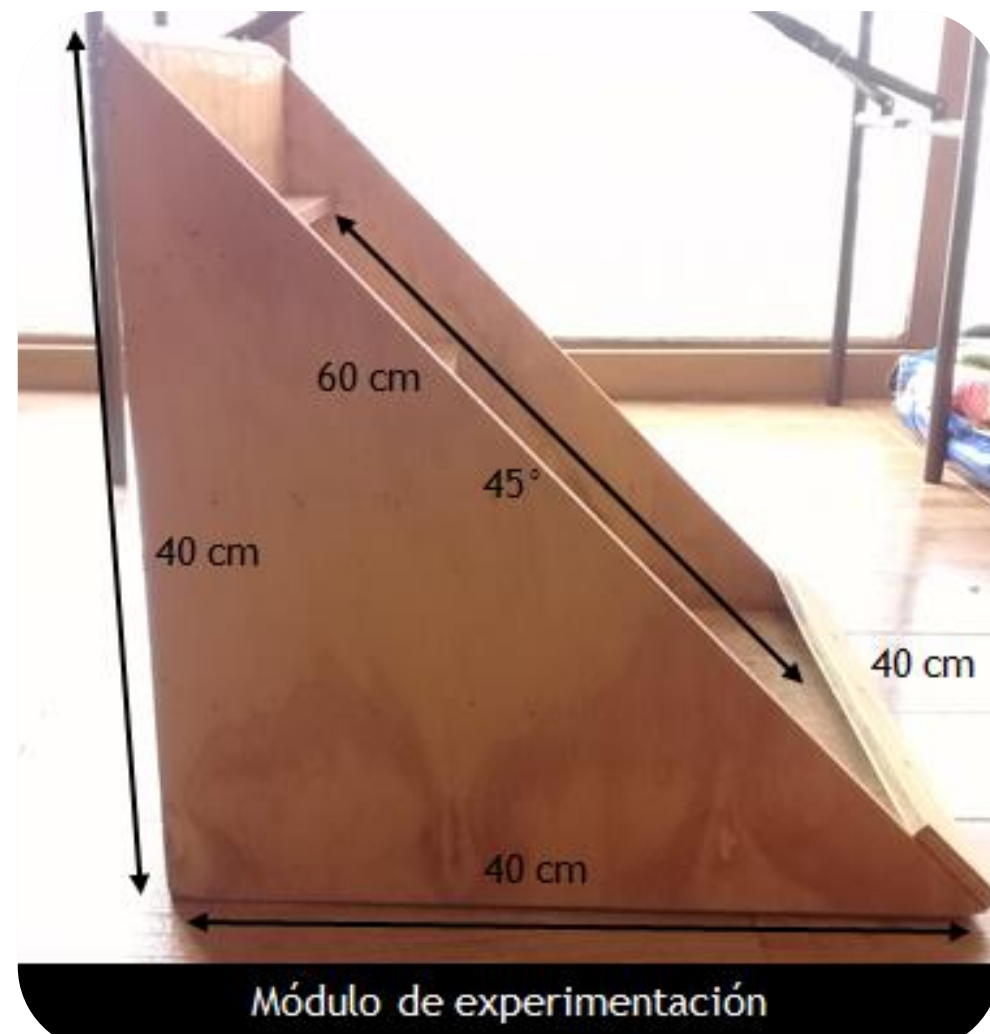


Imagen 52. Diseño de un módulo para experimentación con geotextiles. Fuente: creación propia.

PREPARACIÓN DEL SUELO

Posteriormente se procedió a la colocación de los suelos de los cuales. Solo 4 de ellos llevarían suelo andosol mientras que los otros 4 tendrían suelo tipo litosol.

Cada modulo se lleno completamente con el suelo correspondiente compactando ligeramente la capa externa para dar mejor adherencia.

INSTALACIÓN

A continuación, de acuerdo con las variaciones experimentales propuestas, únicamente 4 de los 8 módulos tendrían geotextil por lo que se procedió a la instalación de los geotextiles en los correspondientes.

El método de instalación consistió en colocar cada lienzo previamente cortado, (40 cm de ancho por 60 cm de largo) a razón del área de los módulos, sobre cada tipo de suelo.

VEGETACIÓN

La vegetación utilizada fue la especie *Sedum moranense Kunth* la cual fue plantada en todos los módulos mediante un sistema de plantación de tresbolillo. Cada módulo contuvo 5 plantas distribuidas en toda su área.

VARIABLES AMBIENTALES

Las variables ambientales se determinaron en función de las características reales a las cuales usualmente se ve expuesto un geotextil en un proyecto escalado y las cuales inciden directamente en su función.

Estas variables se enlistan a continuación:

- Tipo de suelo
- La vegetación
- La incidencia de luz solar
- La temperatura
- El agua
- La humedad

MEDICIONES

Toda la información obtenida fue administrada en hojas de control dónde se registraron periódicamente la temperatura, la humedad, la luz solar, el pH, el crecimiento de la vegetación y la erosión.

Para el registro y el control de la información los módulos fueron clasificados de acuerdo con las variables experimentales en cada uno y se designaron códigos de identificación quedando de la siguiente manera:

CLASIFICACIÓN DE LOS MÓDULOS EXPERIMENTALES		
#	Código de identificación	Características del módulo
1	A-M G1	Andosol mucho riego con geotextil
2	A-M S1	Andosol mucho riego <i>sin geotextil</i>
3	A-P G2	Andosol poco riego con geotextil
4	A-P S2	Andosol poco riego <i>sin geotextil</i>
5	L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil
6	L-M S1	Litosol mucho riego <i>sin geotextil</i>
7	L-P G2	Litosol poco riego con geotextil
8	L-P S2	Litosol poco riego <i>sin geotextil</i>

Tabla 5. Características de los módulos experimentales. Fuente: creación propia.

(Para la identificación y la obtención de los suelos de tipo andosol y litosol se contó con el apoyo del doctor José Luis Luna Montoya del Laboratorio de Suelos de la UNAM)

RESULTADOS EVALUADOS

Las variables evaluadas fueron distintas para cada módulo. El objetivo de estas variaciones fue crear distintos escenarios y observar si el uso de geotextiles influía de manera sustancial en cada uno de ellos para el desarrollo de la vegetación, la conservación del suelo y el control de la erosión.

Se busco que los resultados evaluados pudieran brindar información fundamental sobre el desempeño que tuvo el geotextil durante el experimento y a su vez permitieran concluir su eficacia final.

Las características fueron:

- Temperatura
- Humedad
- Luz Solar
- pH
- Crecimiento de vegetación
- Porcentaje de sobrevivencia de la vegetación
- Erosión
- Análisis general del desempeño del geotextil

2.1.1. Primera etapa. Delimitación y preparación del área de estudio

En esta etapa se delimito el área de trabajo buscando obtener condiciones adecuadas para poder desarrollar el experimento.

Uno de los factores primordiales para el establecimiento de esta área fue disponer de un espacio que permitiera tener las condiciones de luz solar natural necesarias para el desarrollo de las plantas.

De esta manera el espacio destinado para el experimento contó con un área total de 2 m² donde se pudieron efectuar los riegos adecuadamente y registrar la información de la humedad, luz solar, la temperatura, el pH y el crecimiento de la vegetación.

Para la preparación del sitio se etiquetaron los módulos con los códigos designados de acuerdo con el tipo de variables experimentales para cada uno.

El tamaño de cada módulo fue de 40 cm de ancho, 40 cm largo y 40 cm alto con una pendiente de 60 cm a 45°.

Cada módulo fue diseñado con bases escalonadas de madera en su interior para proporcionar soporte al suelo. Como fondo se colocaron algunas piedras emulando la estructura natural de los suelos en condiciones ambientales naturales.

El llenado de los módulos se hizo con suelo de tipo andosol o litosol según fuera el caso para cada código de identificación.

Al final del llenado se realizó la nivelación y compactación de la tierra en todos los módulos para asegurar su fuerza de cohesión y evitar irregularidades o abultamientos durante la instalación de los geotextiles. Posterior a esto, se realizó un primer riego para todos.



Imagen 53. Proceso de preparación de los módulos experimentales. Fuente: creación propia.

2.1.2 Segunda etapa. Instalación de los geotextiles

El geotextil propuesto para este experimento fue un geotextil no tejido de origen natural 100% lino. La justificación de la elección de este material reside principalmente en su composición, ya que al ser de origen natural su degradación en el suelo se presentaría de forma orgánica y más rápida.

Además, al ser un geotextil “no tejido” los resultados esperados serían una mejor filtración del agua, protección contra el impacto de la gota de lluvia, retención del suelo y la conservación de humedad.

La aplicación de los geotextiles se realizó únicamente en cuatro de los módulos dispuestos de acuerdo con los códigos de identificación quedando de la siguiente manera:

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO
A-M G1	Andosol mucho riego <i>con geotextil</i>
A-P G2	Andosol poco riego <i>con geotextil</i>
L-M G1	Litosol mucho riego <i>con geotextil</i>
L-P G2	Litosol poco riego <i>con geotextil</i>

Tabla 6. Módulos con geotextil. Fuente: creación propia.

Para su instalación, una vez concluida la compactación del suelo y el primer riego, se cortaron lienzos del geotextil de 47.5 cm de ancho por 67.5 cm de largo a razón de la superficie de los módulos.

La sujeción de los geotextiles en el suelo se hizo mediante la elaboración de grapas de fijación con alambre galvanizado, colocando 6 grapas que cubrieron uniformemente la superficie del geotextil en cada módulo.

Para la prevención de futuras irregularidades como arrugas, hundimientos o pliegues, se extendieron uniformemente los lienzos hasta obtener un área lo más plana posible y así asegurar el correcto funcionamiento de los geotextiles.

GEOTEXTIL NO TEJIDO LINO 300	
	
Características:	Tela no tejida punzonada elaborada con fibras de lino
Composición:	100% Lino
Densidad:	300 g/m ²
Espesor:	1.6 mm
Tipo de tejido:	Plano (No tejido)
Color:	Beige
Pantone:	12-0605 TPX
Proveedor:	Textiles Técnicos S.A. de C.V.

Tabla 7. Características técnicas del geotextil de Lino. Fuente: creación propia.

2.1.3. Tercera etapa. Establecimiento de la vegetación

Para la plantación de la vegetación se utilizó la especie *Sedum moranense* Kunth, nativa del Estado de México.

Esta especie se encuentra de forma nativa en algunas regiones de la república mexicana como Coahuila, Hidalgo, Jalisco, Puebla, Veracruz, la Ciudad de México y el Estado de México.

Es precisamente en el Estado de México, específicamente en Parque Estatal Sierra de Guadalupe, donde en un capítulo subsecuente se ahondará en una propuesta de aplicación de geotextiles para la recuperación de vegetación mediante la instalación de un muro verde natural.

El sistema de plantación utilizado fue tresbolillo considerado conveniente para terrenos en pendiente ya que reduce el arrastre de sólidos y permite una mejor infiltración del agua en el suelo.

La especie *Sedum moranense* Kunth se distingue por tener una buena resistencia a condiciones adversas como el clima y el espacio, específicamente a sequías o suelos poco profundos.

En el caso de los módulos sin geotextiles se realizó únicamente la plantación directa de las especies.

Por otro lado, para los módulos con geotextiles se obtuvieron lienzos de tamaño proporcional a la superficie de los módulos, adecuando algunos cortes en el tejido para poder introducir las plantas y llevar a cabo su plantación en el suelo.

Finalmente se realizó un segundo riego para todos los módulos hasta humedecer completamente la tierra. La justificación del uso de una sola especie vegetal se debe únicamente a las limitaciones de espacio dispuestas para el experimento.

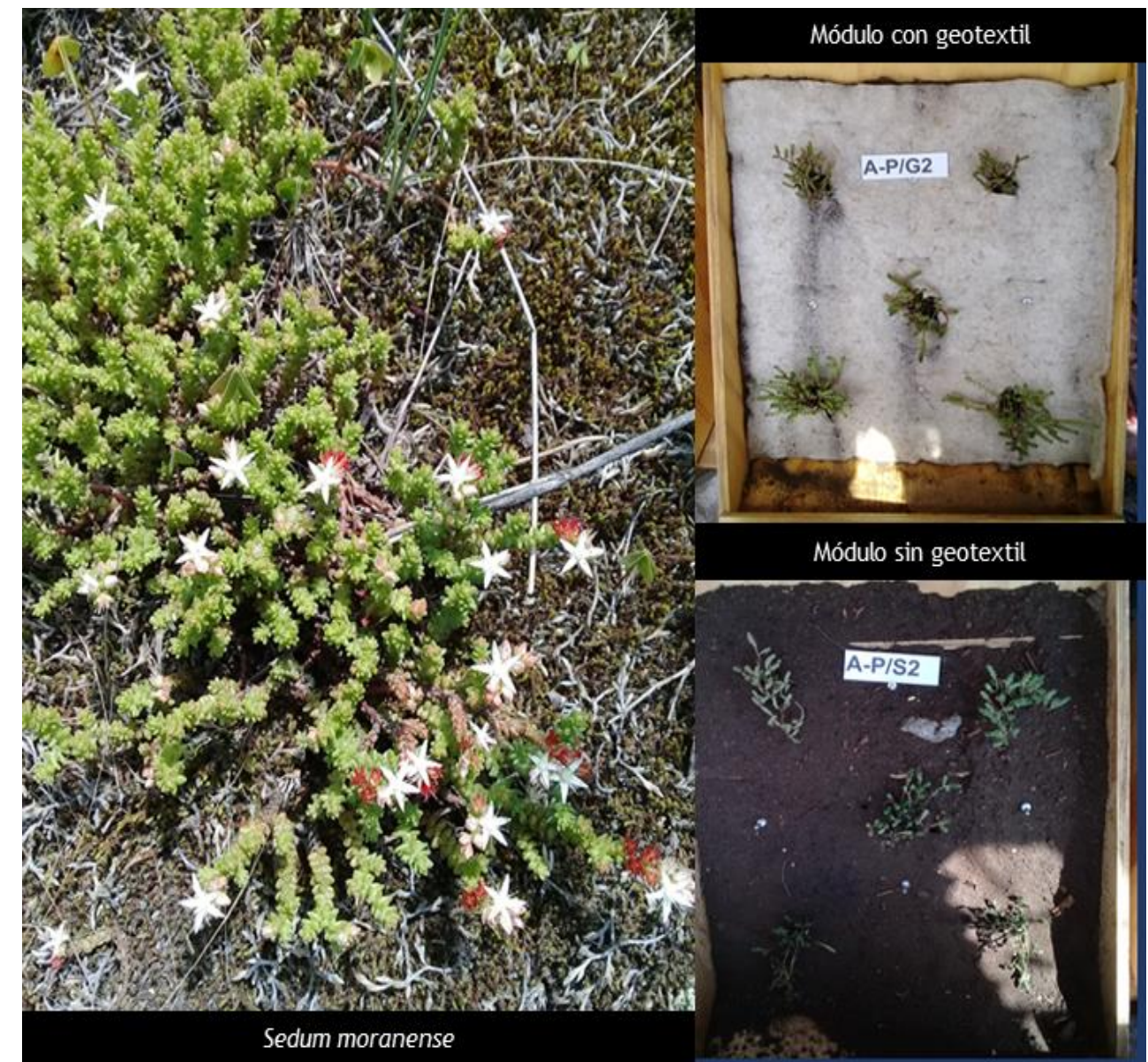


Imagen 54. Implementación de la vegetación en los módulos experimentales. Fuente: creación propia.

2.1.4. Cuarta etapa. Evaluación y monitoreo

Una vez instalados todos los módulos se dio inicio al experimento y se realizaron los primeros registros de información.

El monitoreo estuvo enfocado en las mediciones de temperatura, humedad, luz solar, pH, crecimiento y porcentaje de sobrevivencia de la vegetación, y la medición de los posibles indicios de erosión producidos por los riegos.

El instrumento de medición utilizado fue un medidor digital para suelo, el cual pudo brindar mediciones simultaneas del pH, luz solar, humedad e incidencia solar.



Imagen 55. Medidor digital de suelo utilizado para el experimento. Foto tomada por la autora.

VARIABLES MEDIDAS DURANTE EL EXPERIMENTO		
Variable	Instrumento de medición	Frecuencia de medición
Temperatura	Medidor digital de temperatura para suelos	Dos veces a la semana
Humedad	Medidor digital de humedad para suelos	Dos veces a la semana
Luz Solar	Medidor digital de luz solar	Dos veces a la semana
pH	Medidor digital de pH para suelos	Dos veces a la semana
Crecimiento de vegetación	Regla graduada	Una vez al mes
Porcentaje de sobrevivencia de la vegetación	Método matemático	Al inicio y al final del experimento.
Erosión	Método matemático	Al final del experimento

Tabla 8. Variables medidas durante la experimentación. Fuente: creación propia

La frecuencia de riego también fue un factor determinante durante el experimento por lo que se crearon horarios de riego establecidos para cada módulo de acuerdo a su código de identificación y las variables a experimentar.

#	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO	FRECUENCIA DE RIEGO
1	A-M G1	Andosol mucho riego con geotextil	Tres veces a la semana
2	A-M S1	Andosol mucho riego <i>sin geotextil</i>	Tres veces a la semana
3	A-P G2	Andosol poco riego con geotextil	Una vez a la semana
4	A-P S2	Andosol poco riego <i>sin geotextil</i>	Una vez a la semana
5	L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	Tres veces a la semana
6	L-M S1	Litosol mucho riego <i>sin geotextil</i>	Tres veces a la semana
7	L-P G2	Litosol poco riego con geotextil	Una vez a la semana
8	L-P S2	Litosol poco riego <i>sin geotextil</i>	Una vez a la semana

Tabla 9. Frecuencia de riego para los módulos. Fuente: creación propia.

2.2. OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos incluyen la evaluación de la temperatura, la humedad, la luz solar, el pH, el crecimiento de la vegetación, el porcentaje de sobrevivencia de las plantas y la erosión.

Para una mejor lectura se incluyen gráficas, tablas e imágenes que ayudan a visualizar puntualmente los resultados para cada variable.

Temperatura

La temperatura del suelo es un factor importante ya que determina el crecimiento de las plantas y la actividad biótica presente en él.

El registro de la temperatura durante el experimento se hizo mediante el uso de un medidor digital de temperatura para suelos con un periodo de medición de cada tercer día (para todos los módulos).

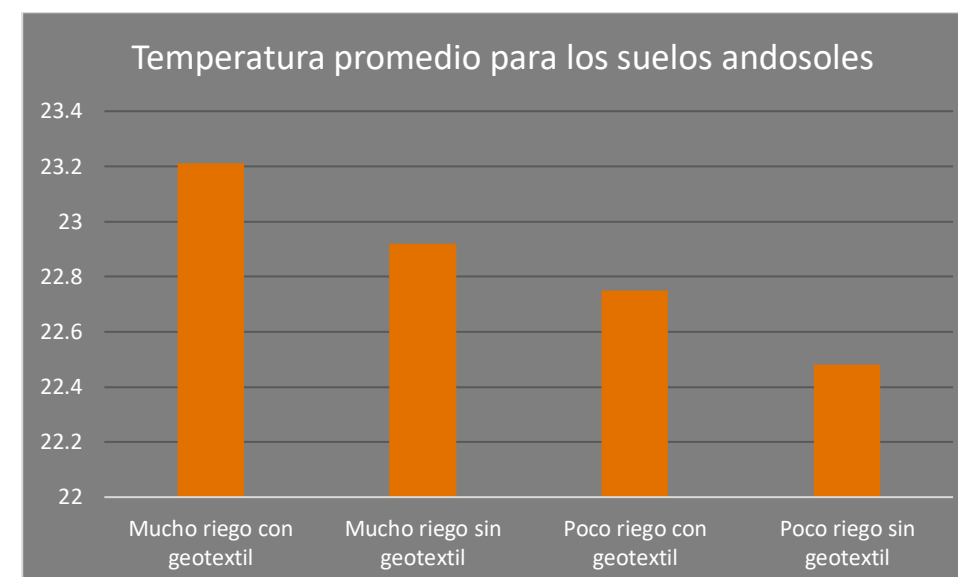
El procedimiento consistió en introducir el medidor digital 15 cm adentro del suelo de tal forma que pudiera tomar la temperatura interna.

Condiciones para las pruebas: la temperatura promedio en esta etapa tuvo variaciones dentro del espacio dispuesto para llevar a cabo la experimentación, presentando temperaturas máximas promedio de 21°C durante los meses de enero y febrero, un promedio de 25°C en marzo y abril, 26°C mayo y junio, y se observó un descenso en julio con una máxima promedio de 23°C.

Temperatura promedio para los suelos andosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA INICIAL	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)
A-M G1	Andosol mucho riego <u>con geotextil</u>	23.94	<u>23.21</u>
A-M S1	Andosol mucho riego <u>sin geotextil</u>	23.64	22.92
A-P G2	Andosol poco riego <u>con geotextil</u>	22.76	22.75
A-P S2	Andosol poco riego <u>sin geotextil</u>	23.76	22.48

Tabla 10. Temperatura promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

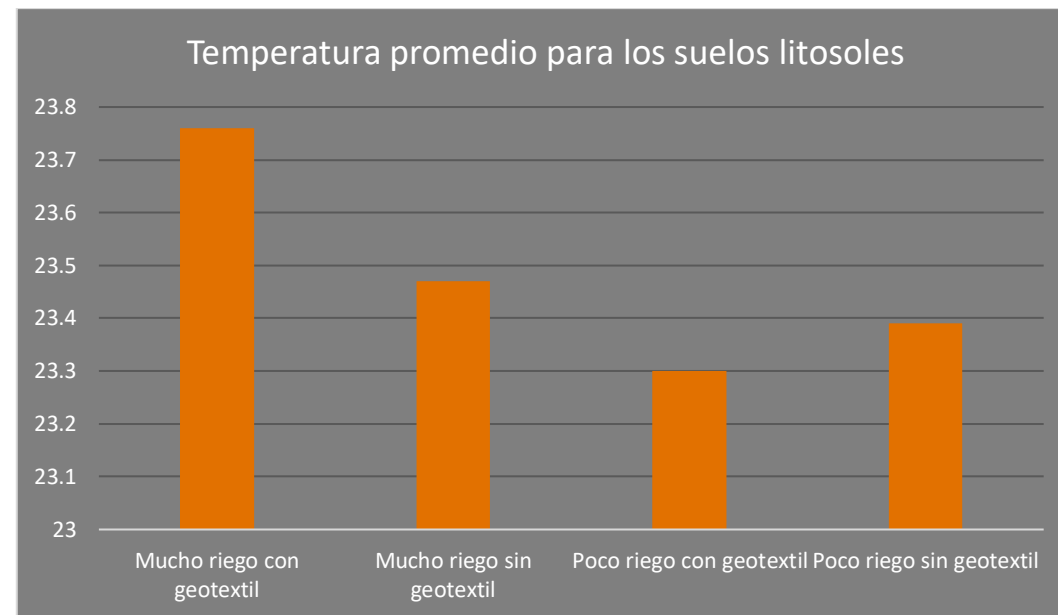


Gráfica 1. Temperatura promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

Temperatura promedio para los suelos litosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA INICIAL	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)
L-M G1	Litosol mucho riego <u>con geotextil</u>	24.70	<u>23.76</u>
L-M S1	Litosol mucho riego <u>sin geotextil</u>	24.23	23.47
L-P G2	Litosol poco riego <u>con geotextil</u>	23.76	23.30
L-P S2	Litosol poco riego <u>sin geotextil</u>	24.11	23.39

Tabla 11. Temperatura promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.



Gráfica 2. Temperatura promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.

Conclusiones:

Los resultados obtenidos mostraron la influencia que tuvo el geotextil en la temperatura del suelo. Se identificó una variación de +/- 1°C entre los diferentes escenarios experimentales y se observó que este cambio estaba en relación con el clima y la temporada del año en que se realizó el registro.

De esta manera se obtuvieron los registros más bajos en enero con temperaturas de 18°C mientras que en los meses mayo y junio se registraron las temperaturas más altas con registros de hasta 26°C.

Con estos resultados se puede inferir de que el uso de geotextiles aumenta la temperatura del suelo cuando las condiciones de humedad son altas.

Por otro lado, al aplicarse el geotextil en condiciones de humedad baja la temperatura del suelo disminuye.

Este comportamiento podría explicarse desde el análisis del geotextil, el cual actúa como una capa protectora ocasionando que los módulos con poco riego obtuvieran una menor incidencia de luz solar que produjera un aumento en la temperatura.

Humedad

El porcentaje de humedad en el suelo influye en la temperatura de este. Cada suelo posee diferentes capacidades de retención de humedad en función de características como su porosidad o su textura. Para poder graficar y visualizar los resultados se tomó como referencia la guía de medición del medidor digital quedando de la siguiente forma:

INTERPRETACIÓN DE HUMEDAD	
Lectura digital	Interpretación de resultado
Nor (Normal)	Normal*
Dry (Seca)	Baja
Dry + (Muy seca)	Muy baja

Tabla 12. Interpretación de los resultados del medidor digital de humedad. Fuente: creación propia.

Mediante el uso de un medidor digital de humedad para suelos se realizaron registros cada tercer día en todos los módulos. La información obtenida mostró una gran diferencia entre los módulos, específicamente en aquellos con mucho riego en comparación con los que obtuvieron riegos escasos.

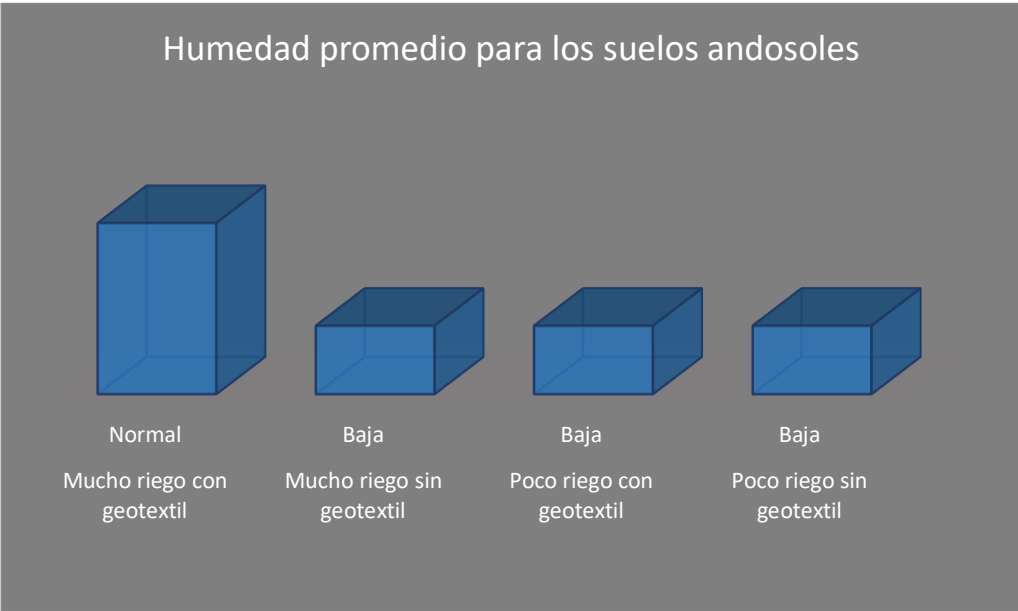
*Las interpretaciones fueron tomadas de acuerdo a la información brindada por el instructivo del aparato de medición. La interpretación ofrecida de normal está guiada como la presencia de agua en un rango de saturación del suelo de aproximadamente 40%.

En cuanto a la temperatura del espacio de estudio, como se mencionó anteriormente se obtuvieron máximas promedio de 21°C durante los meses de enero y febrero, un promedio de 25°C en marzo y abril, 26°C mayo y junio, y se observó un descenso en julio con una máxima promedio de 23°C.

Humedad promedio para los suelos andosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD PROMEDIO
A-M G1	Andosol mucho riego con geotextil	Normal	Normal
A-M S1	Andosol mucho riego sin geotextil	Normal	Baja
A-P G2	Andosol poco riego con geotextil	Normal	Baja
A-P S2	Andosol poco riego sin geotextil	Normal	Baja

Tabla 13. Humedad promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.



Gráfica 3. Humedad promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

Humedad promedio para los suelos litosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD PROMEDIO
L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	Baja	Baja
L-M S1	Litosol mucho riego sin geotextil	Baja	Baja
L-P G2	Litosol poco riego con geotextil	Baja	Baja
L-P S2	Litosol poco riego sin geotextil	Baja	Muy baja

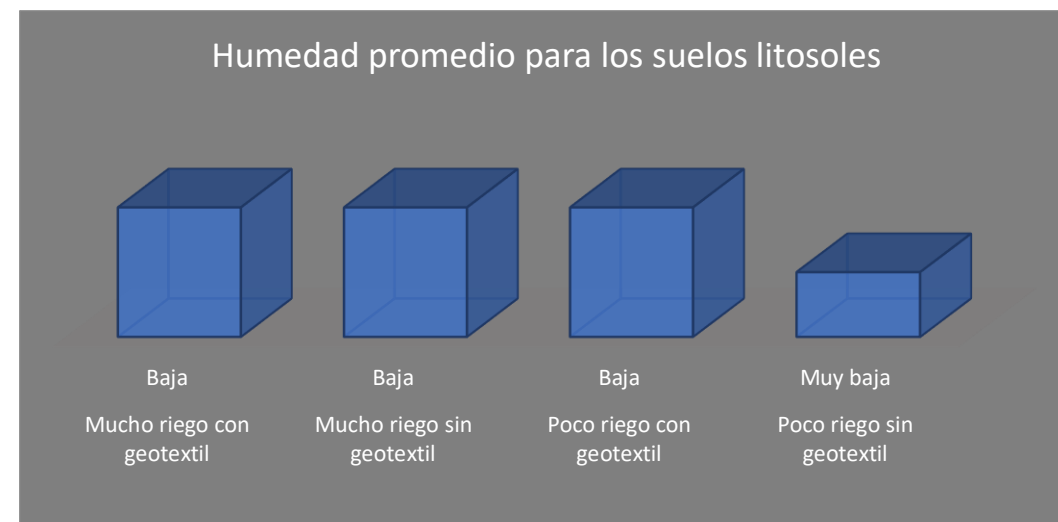
Tabla 14. Humedad promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.

Conclusiones:

Se observaron que los resultados con mayor humedad se presentaron en el módulo A-M G1 (Andosol mucho riego con geotextil).

Mientras que las cantidades de humedad más bajas se registraron en los módulos L-P G2 (Litosol poco riego con geotextil) y L-P S2 (Litosol poco riego sin geotextil).

Esto podría estar relacionado con dos factores importantes, por un lado, las características del tipo de suelo, en el caso de los andosoles tienen una mayor afinidad de absorción del agua en comparación con los litosoles que presentan deficiencia para la infiltración del agua en su interior.



Gráfica 4. Humedad promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.

Luz solar

Las plantas requieren de adecuadas condiciones de luz solar, esto les permite llevar a cabo la fotosíntesis y tener un apropiado crecimiento y desarrollo. Para la delimitación del área de estudio se priorizó el desarrollo del experimento en un espacio con buenas condiciones de luz solar.

De acuerdo con Troy Buechel 2021, la luz es la longitud de onda (en nanómetros, nm) dentro del espectro electromagnético. La energía radiante emitida por el sol se precisa con las longitudes de ondas de entre 280 y 2.800 nm.

Mediante el uso de un medidor digital de luz solar para suelos se realizaron lecturas cada tercer día. Para poder graficar y visualizar los resultados se tomó como referencia la guía de medición del medidor digital quedando de la siguiente forma:

INTERPRETACIÓN DE LA LUZ SOLAR	
Lectura digital	Interpretación de resultado
Nor	Media / Normal
Low	Baja
Low +	Muy baja

Tabla 15. Interpretación de los resultados del medidor digital de humedad. Fuente: creación propia.

Las interpretaciones de los resultados fueron tomadas de acuerdo con la información brindada por el instructivo del aparato de medición. De esta manera las interpretaciones bajas indican una baja recepción de longitudes de onda mientras que los resultados más altos interpretan una cantidad mayor de longitudes de ondas recibidas.

Incidencia de luz solar promedio para los suelos andosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA DE LUZ SOLAR
A-M G1	Andosol mucho riego con geotextil	Media
A-M S1	Andosol mucho riego sin geotextil	Media
A-P G2	Andosol poco riego con geotextil	Media
A-P S2	Andosol poco riego sin geotextil	Media

Tabla 16. Incidencia de luz solar promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

Incidencia de luz solar promedio para los suelos litosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA DE LUZ SOLAR
L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	Media
L-M S1	Litosol mucho riego sin geotextil	Media
L-P G2	Litosol poco riego con geotextil	Media
L-P S2	Litosol poco riego sin geotextil	Media

Tabla 17. Incidencia de luz solar promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.

Conclusiones:

Dado que todos los módulos, tanto los litosoles como los andosoles, estuvieron expuestos de manera equitativa a luz solar, los resultados obtenidos mostraron que se obtuvo una incidencia de luz solar "Media".

Esto indica que a pesar de que los 8 módulos no obtuvieron una incidencia de luz solar intensa, se logró mantener una incidencia media, lo cual ayudó a mantener las condiciones idóneas para el desarrollo del experimento.

Se observó que en los primeros meses del inicio del experimento (de enero a febrero) la luz solar incidía directamente sobre los módulos del experimento, mientras que, en los meses subsecuentes, como resultado del cambio de las estaciones del año, el patrón de incidencia de luz solar cambió considerablemente, disminuyendo el tiempo de incidencia y la cantidad de luz percibida.

pH del suelo

El pH (potencial de Hidrógeno) del suelo indica el grado de acidez o alcalinidad que este posee. Los suelos con pH menor a 7 son considerados como suelos ácidos mientras que los suelos con un pH mayor a 7 como alcalinos.

Conocer el pH del suelo ayuda a determinar las condiciones adecuadas para el desarrollo de la vegetación.

Durante el experimento para conocer el pH de los suelos se utilizó un medidor digital de pH para suelos y tiras reactivas de pH.

Los registros mostraron un pH estable a lo largo del experimento dando resultados de suelos neutros tanto para los litosoles como andosoles.

pH promedio para los suelos andosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	pH
A-M G1	Andosol mucho riego con geotextil	7.0
A-M S1	Andosol mucho riego sin geotextil	7.0
A-P G2	Andosol poco riego con geotextil	7.0
A-P S2	Andosol poco riego sin geotextil	7.0

Tabla 18. pH promedio para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

pH promedio para los suelos litosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	pH
L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	7.0
L-M S1	Litosol mucho riego sin geotextil	7.0
L-P G2	Litosol poco riego con geotextil	7.0
L-P S2	Litosol poco riego sin geotextil	7.0

Tabla 19. pH promedio para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.

Conclusiones:

Para el monitoreo del pH del suelo se observó que las mediciones se mantenían constantes sin variaciones significativas.

De acuerdo con lo observado se cree que estos resultados pudieron estar influenciados por dos factores, el primero es la calidad de los suelos, los cuales posiblemente no presentaban valores significativos de alcalinidad o acidez dando un valor constante durante todo el experimento.

El segundo factor se pudo deber a la capacidad del rango de análisis del medidor digital, el cual pudo estar limitada al no detectar un pH significativo otorgando valores neutros en todas las mediciones.

Crecimiento de la vegetación

Para determinar el crecimiento de la vegetación se tomaron registros de la altura de las plantas al inicio y al final del experimento. El criterio de medición se basó en registrar la medida de cada planta desde la base del tallo hasta la parte más alta sin estirar ni modificar su forma natural. Los resultados obtenidos se reportan en valores de la tasa de crecimiento mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$TC = \frac{AF - AI}{AI} \times 100$$

Donde:

TC: tasa de crecimiento

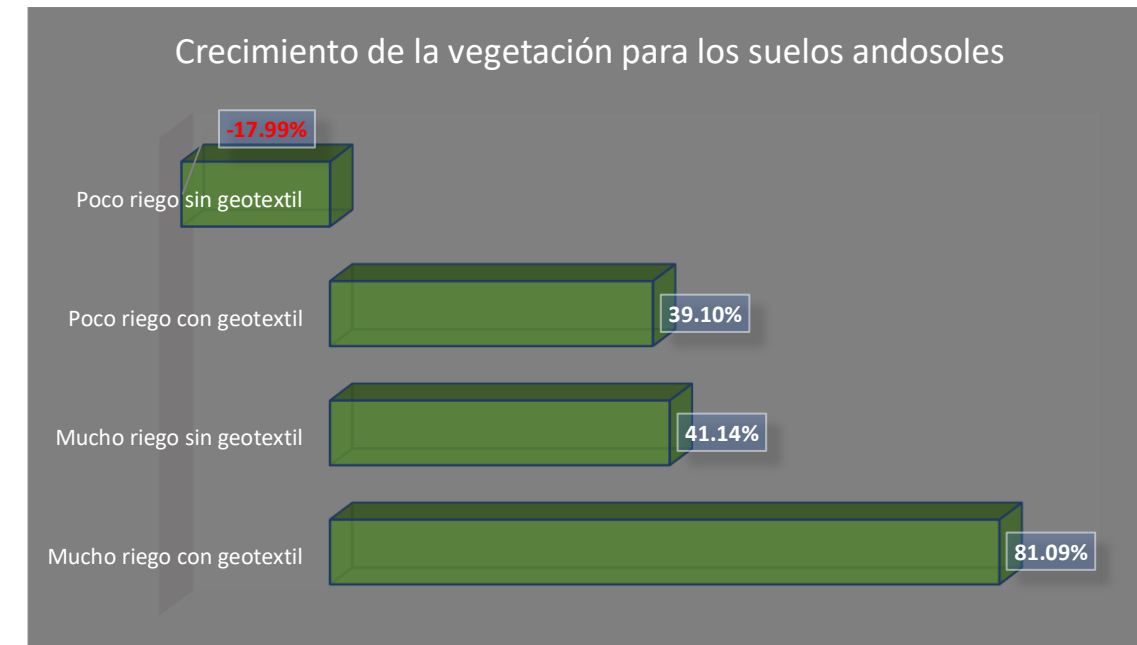
AF: altura final

AI: altura inicial

Crecimiento de la vegetación para los suelos andosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
A-M G1	Andosol mucho riego con geotextil	81.09%
A-M S1	Andosol mucho riego sin geotextil	41.14%
A-P G2	Andosol poco riego con geotextil	39.10%
A-P S2	Andosol poco riego sin geotextil	-17.99%

Tabla 20. Crecimiento de la vegetación para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.



Gráfica 5. Crecimiento de la vegetación para los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

Conclusiones:

Como se puede observar en las gráficas, para los suelos andosoles, los resultados muestran una diferencia significativa entre los módulos con geotextil y aquellos sin geotextil.

En el caso específico del módulo con poco riego y sin geotextil se observó una contracción en el tamaño de las plantas, disminuyendo su altura hasta un 17.99%.

Por otro lado, para el módulo con mucho riego y geotextil, se observó que se potencializó el crecimiento de la vegetación en comparación con los otros módulos, con un crecimiento de hasta el 81.09 % de crecimiento.



Imagen 56. Crecimiento de la vegetación en los suelos andosoles con mucho riego. Fuente: creación propia

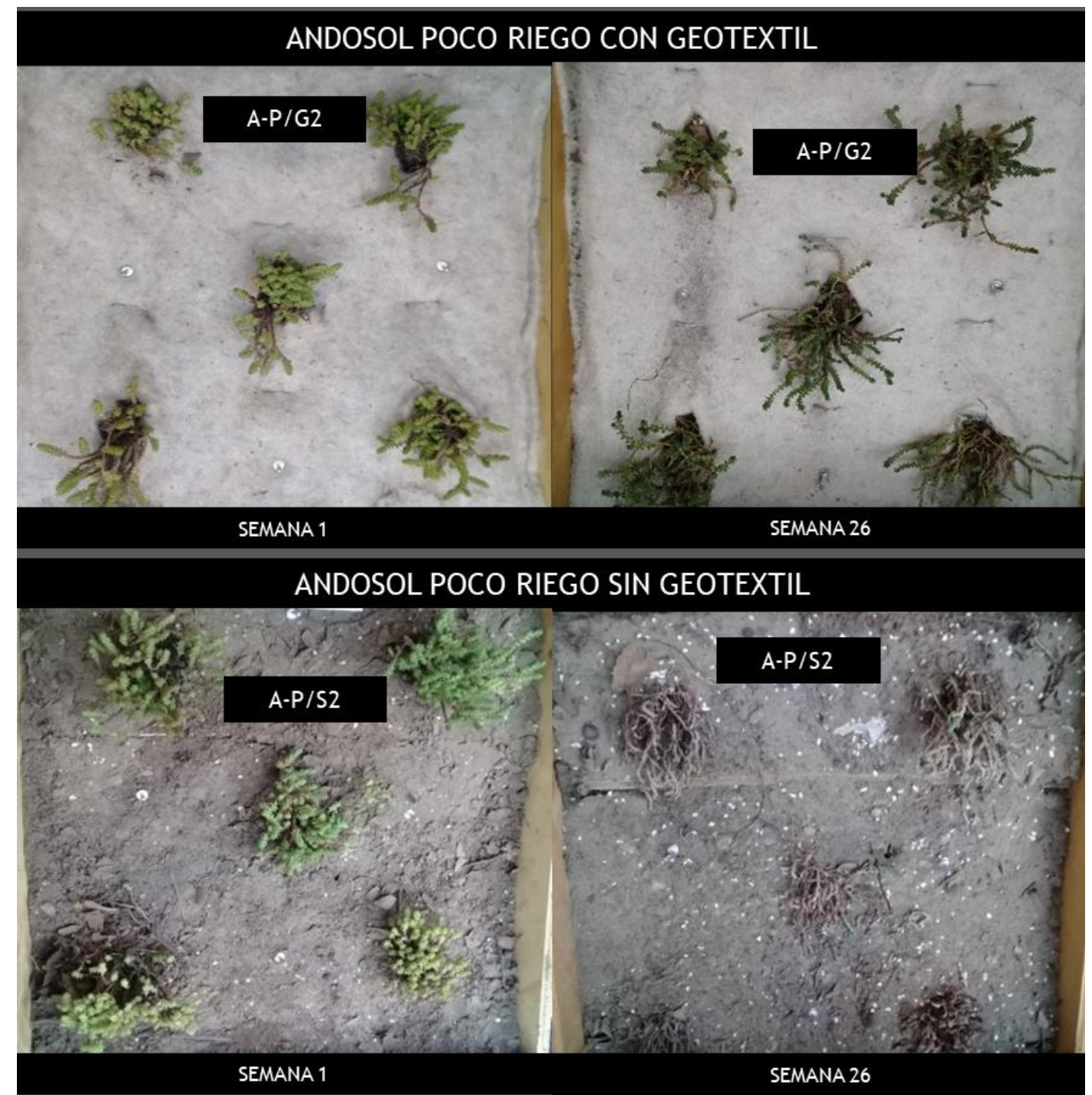
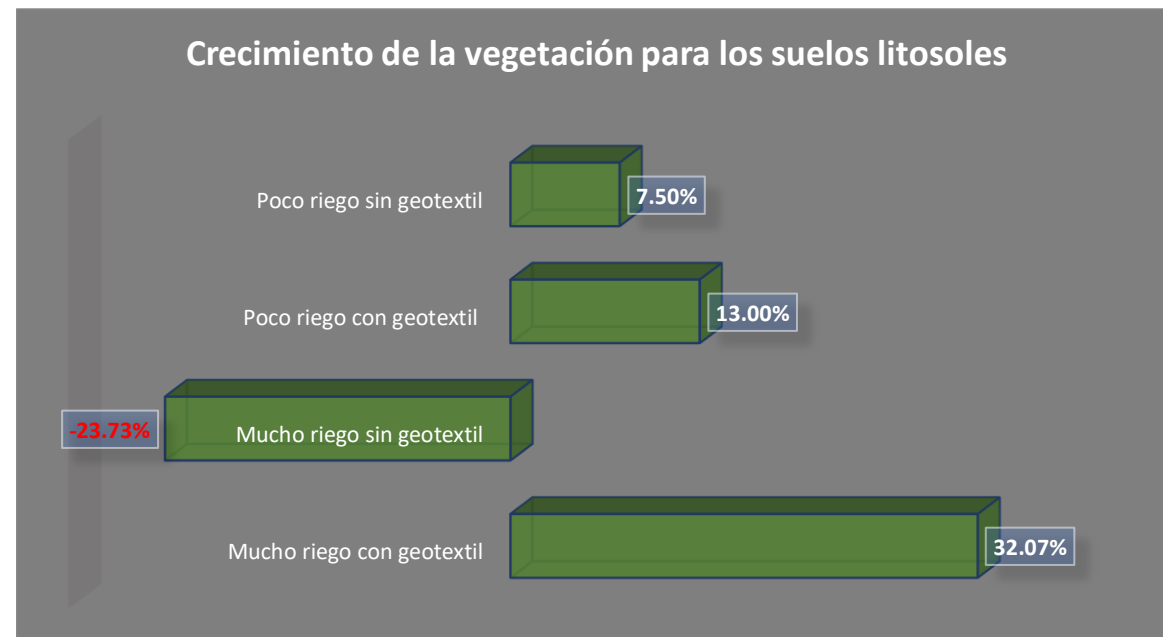


Imagen 57. Crecimiento de la vegetación en los suelos andosoles con poco riego. Fuente: creación propia.

Crecimiento de la vegetación para los suelos litosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	32.07%
L-M S1	Litosol mucho riego sin geotextil	-23.73%
L-P G2	Litosol poco riego con geotextil	13.0%
L-P S2	Litosol poco riego sin geotextil	7.5%

Tabla 21. Crecimiento de la vegetación para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.



Gráfica 6. Crecimiento de la vegetación para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.

Conclusiones:

Para el caso de los litosoles también se observan resultados contrastantes entre los módulos con geotextil y aquellos sin geotextil.

En este caso, los suelos andosoles se mostraron más propensos a la erosión hídrica mostrando una pérdida de suelo reflejada en una importante disminución en el crecimiento de las plantas.

Esto se puede observar perfectamente el módulo con mucho riego y sin geotextil, el cual mostro una disminución en la altura de las plantas de hasta un 23.73%, en contraste del módulo con geotextil, el cual tuvo un crecimiento del 32.07%.



Imagen 58. Crecimiento de la vegetación en los suelos litosoles con mucho riego. Fuente: creación propia.

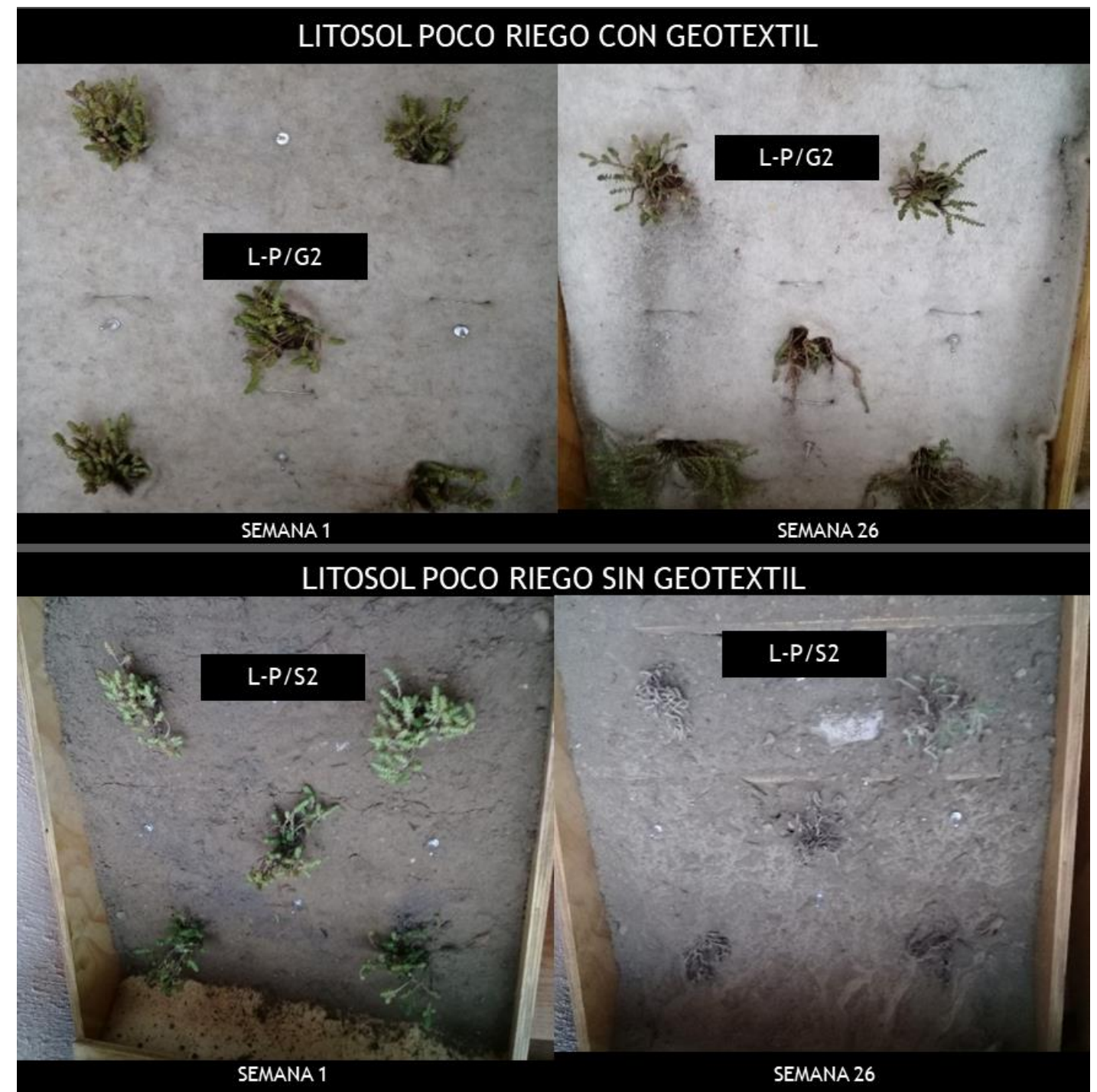


Imagen 59. Crecimiento de la vegetación en los suelos litosoles con poco riego. Fuente: creación propia.

Porcentaje de sobrevivencia de las plantas

El porcentaje de sobrevivencia se refiere a la cantidad porcentual de plantas que logran sobrevivir en un periodo determinado.

Para este proyecto este porcentaje se calculó determinando la cantidad de plantas que se conservaron vivas hasta el final del experimento.

Los valores se obtuvieron mediante el cálculo de la diferencia del número total de individuos plantados al inicio del experimento en contraste con el número total de individuos conservados hasta el final.

La ecuación para la determinación del porcentaje de sobrevivencia se describe a continuación:

$$PS = \frac{tf \times 100\%}{ti} = \% \text{ de sobrevivencia}$$

Donde:

PS: porcentaje de sobrevivencia de las plantas

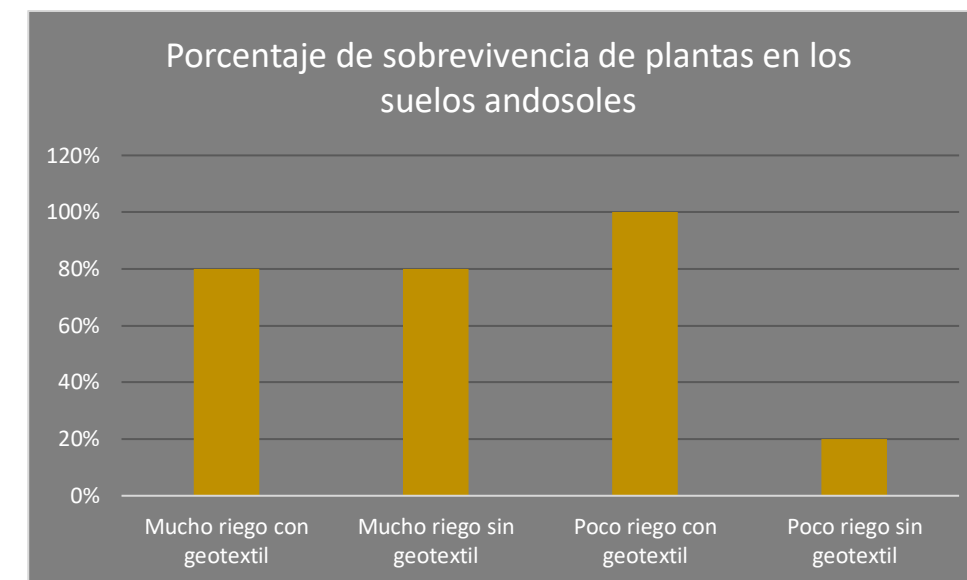
tf: total final de individuos

ti: total inicial de individuos

Porcentaje de sobrevivencia de plantas en los suelos andosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA
A-M G1	Andosol mucho riego con geotextil	80%
A-M S1	Andosol mucho riego sin geotextil	80%
A-P G2	Andosol poco riego con geotextil	100%
A-P S2	Andosol poco riego sin geotextil	20%

Tabla 22. Porcentaje de sobrevivencia de plantas en los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

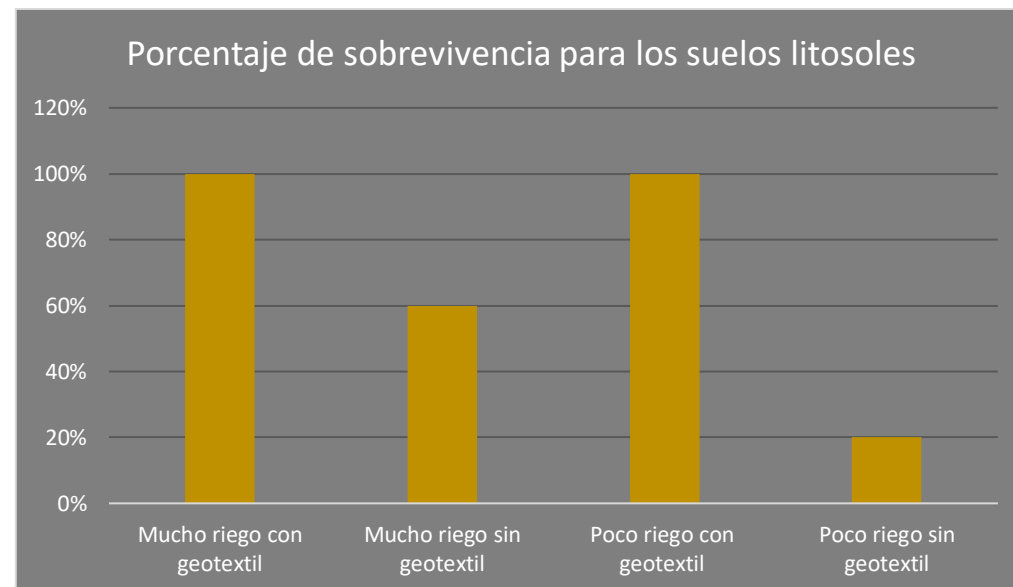


Gráfica 7. Porcentaje de sobrevivencia de plantas en los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

Porcentaje de sobrevivencia para los suelos litosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA
L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	100%
L-M S1	Litosol mucho riego sin geotextil	60%
L-P G2	Litosol poco riego con geotextil	100%
L-P S2	Litosol poco riego sin geotextil	20%

Tabla 23. Porcentaje de sobrevivencia para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.



Gráfica 8. Porcentaje de sobrevivencia para los suelos litosoles. Fuente: creación propia.

Conclusiones:

El porcentaje de sobrevivencia de las plantas estuvo intrínsecamente relacionado con el porcentaje de crecimiento de la vegetación.

En el caso de los andosoles, se observó que el mayor porcentaje de sobrevivencia se dio en el módulo con poco riego y con geotextil, obteniendo más especímenes de plantas vivas al final del experimento.

Por otro lado, en los litosoles los porcentajes más altos de sobrevivencia se observaron en los módulos con geotextil obteniendo el 100% de especímenes de plantas vivas al final del experimento.

Los tres principales casos en donde se obtuvieron las mejores condiciones para lograr un 100% de sobrevivencia de las plantas se presentan a continuación:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA
A-P G2	Andosol poco riego con geotextil	100%
L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	100%
L-P G2	Litosol poco riego con geotextil	100%

Tabla 24. Relación de las mejores condiciones de sobrevivencia. Fuente: creación propia.

Erosión hídrica

Durante la fase experimental la erosión fue dada por efecto de la fuerza del agua sobre el suelo durante los riegos realizados, reconociéndose como erosión hídrica. Para la medición de la erosión se utilizó el método de clavos y rondanas por ser el más adecuado en términos del tamaño del experimento, estos clavos fueron colocados en 5 puntos de la superficie de los módulos.

La medición de la erosión fue aplicada tanto en los módulos con suelo expuesto como aquellos que llevaron geotextil. El objetivo fue obtener condiciones experimentales igualitarias para contrastar toda la información obtenida. La fórmula que se aplicó para calcular la erosión en cada módulo fue:

$$Ps = h \times Dap \times 10$$

Donde:

Ps: pérdida de suelo por erosión o sedimentación (ton/ha)

h: altura del clavo (mm)

Dap: densidad aparente del suelo (gr/cm³). ($Dap = \frac{m \text{ (masa)}}{v \text{ (volumen)}}$)

Para obtener una mejor visualización de las cantidades obtenidas, los resultados fueron escalados al equivalente a una tonelada por hectárea.

De igual forma es importante mencionar que la densidad aparente obtenida fue diferente para cada tipo de suelo. Los suelos litosoles presentaron una densidad aparente de 1.01 gr/cm³ mientras que los andosoles 0.95 gr/cm³. Esto indica que los litosoles son más pesados que los suelos andosoles.

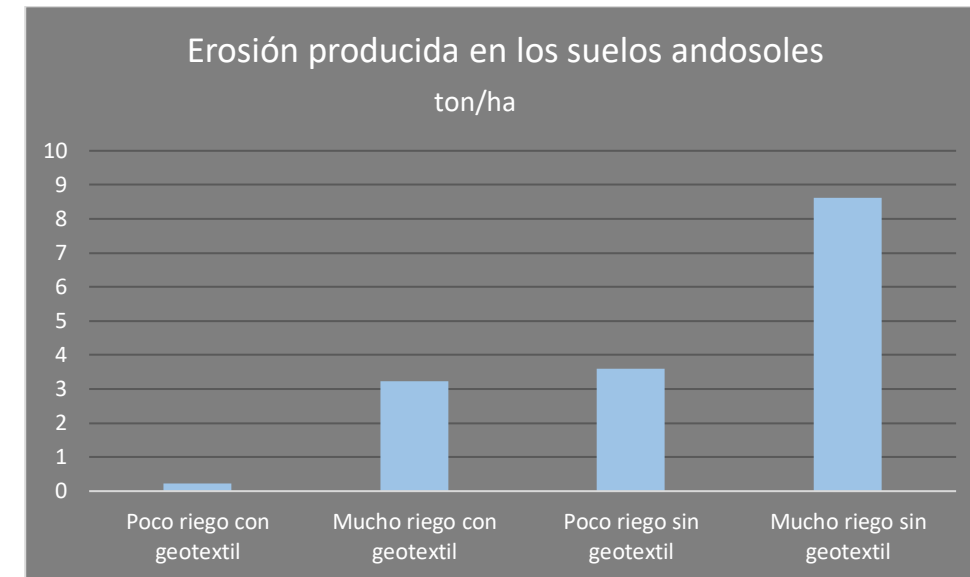


Imagen 60. Medición de la erosión mediante el método de clavos y rondanas. Fuente: creación propia.

Erosión producida en los suelos andosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EROSIÓN (ton/ha)
A-M G1	Andosol mucho riego con geotextil	3.23
A-M S1	Andosol mucho riego sin geotextil	8.61
A-P G2	Andosol poco riego con geotextil	0.23
A-P S2	Andosol poco riego sin geotextil	3.59

Tabla 25. Erosión producida en los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

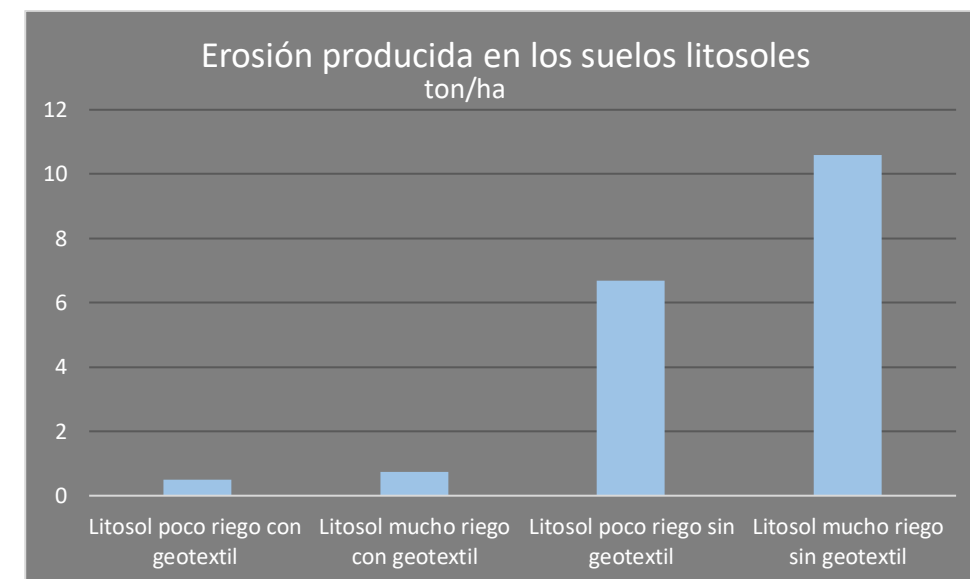


Gráfica 9. Erosión producida en los suelos andosoles. Fuente: creación propia.

Erosión producida en los suelos litosoles

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EROSIÓN (ton/ha)
L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	0.75
L-M S1	Litosol mucho riego sin geotextil	10.60
L-P G2	Litosol poco riego con geotextil	0.50
L-P S2	Litosol poco riego sin geotextil	6.69

Tabla 26. Erosión producida en los suelos litosoles. Fuente: creación propia.



Gráfica 10. Erosión producida en los suelos litosoles. Fuente: creación propia.

Conclusiones:

El análisis de la erosión hídrica se realizó de acuerdo al tipo de suelo estudiado. En el caso de los andosoles se observó que la mayor cantidad de erosión se produjo en el módulo sin geotextil, en el cual el suelo estaba completamente expuesto. Por otro lado, la menor cantidad de erosión se observó en el módulo con geotextil y con poco riego, en el cual el suelo estaba protegido.

En el caso de los suelos litosoles se obtuvo un porcentaje mayor de erosión en el módulo con mucho riego y sin geotextil, siendo más vulnerable a los riegos realizados. Los valores más bajos de erosión se obtuvieron en los módulos con geotextil y el módulo con poco riego.

Los tres principales casos en donde se obtuvieron las cantidades casi imperceptibles de pérdida de suelo se presentan a continuación:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EROSIÓN (ton/ha)
A-P G2	Andosol poco riego con geotextil	0.23
L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	0.75
L-P G2	Litosol poco riego con geotextil	0.50

Tabla 27. Relación de los resultados más bajos de erosión. Fuente: creación propia.



Imagen 61. La altura del clavo en los módulos con geotextil se mantuvo casi intacta. Fuente: foto tomada por la autora.

2.3. ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DEL GEOTEXTIL

Con base en los resultados obtenidos durante la fase experimental se evaluó la influencia del geotextil y se realizó un análisis de los beneficios obtenidos.

Las características evaluadas fueron:

- Conservación del suelo.
- Control de la erosión.
- Degradación del material.
- Capacidad para la conservación de la humedad.
- Favorecimiento para el crecimiento de la vegetación.

Conservación del suelo. La comparativa visual muestra contrastes en los resultados para la conservación del suelo entre los módulos con geotextiles y los módulos sin geotextiles.

La mayor acumulación de sedimentos y pérdida de suelo se obtuvo en los módulos sin geotextiles. Por otro lado, los módulos con geotextiles no mostraron sedimentaciones significativas.

Control de la erosión. Tal como se mostró anteriormente, se obtuvieron resultados favorables para el control de la erosión en aquellos módulos que presentaron geotextil.

De igual forma se observaron buenos resultados para la conservación del suelo evitando el arrastre de sedimentos en las pendientes por efecto de la fuerza del agua.

Esta información ayuda a validar la capacidad que tienen los geotextiles para la conservación del suelo y el control de la erosión en las pendientes pronunciadas.

Degradación. Para la estimación de la degradación del geotextil se efectuó un cálculo de la diferencia de la masa del material. Se realizó un ensayo de la masa del geotextil al inicio y al final del experimento, cortando 5 muestras del geotextil en cada ensayo las cuales fueron pesadas para posteriormente obtener el promedio de la masa.

El objetivo fue que esta diferencia de masa pudiera brindar información para conocer si el geotextil había perdido densidad (muestra de degradación) durante los seis meses que fue expuesto a diversos factores como el contacto con las plantas, el suelo, la materia orgánica, los microorganismos, el agua, la luz solar y la humedad.

Masa promedio inicial	Masa promedio final	Diferencia de masa	Porcentaje de pérdida de composición (6 meses)	Tiempo aproximado para la degradación total del geotextil
276.89 g/m ²	251.87 g/m ²	25.06 g/m ²	9.05%	5.52 años

Tabla 28. Estimación del tiempo aproximado para la degradación del geotextil de lino. Fuente: creación propia.

Este cálculo es únicamente una estimación para el caso de estudio en concreto con las condiciones particulares a las cuales fue expuesto.

Conservación de humedad. Una de las cualidades que tienen los geotextiles es su capacidad para retener o aislar la humedad, esta función depende del diseño, la estructura y el tipo de material empleado para su fabricación.

En este experimento se observó que los mejores resultados para la conservación de humedad se obtuvieron en el módulo A-M G1 (Andosol mucho riego con geotextil) mientras que los más bajos se presentaron en el módulo L-P S2 (Litosol poco riego sin geotextil).

Estos resultados demuestran que la aplicación del geotextil tuvo influencia directa en la conservación de la humedad en el suelo durante el experimento.

Favorecimiento del crecimiento de la vegetación. Para determinar si el geotextil tuvo influencia en el crecimiento de las plantas se evaluaron los resultados de la tasa de crecimiento que se obtuvieron en todos los módulos.

De esta manera se observó que los mejores resultados para el crecimiento de la vegetación se obtuvieron en los módulos con riego constante y con la aplicación de un geotextil. Mientras que los resultados más bajos se reflejaron en los módulos donde no se aplicaron geotextiles.

Con estos resultados se puede deducir que el geotextil de lino influyo de manera positiva en el desarrollo y el crecimiento de la vegetación.

Resultados más altos para el crecimiento y el porcentaje de sobrevivencia de la vegetación

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
A-M G1	Andosol mucho riego con geotextil	81.09%
L-M G1	Litosol mucho riego con geotextil	32.07%

Tabla 29. Resultados más altos para el crecimiento y el porcentaje de sobrevivencia de la vegetación. Fuente: creación propia.

Resultados más bajos para el crecimiento y el porcentaje de sobrevivencia de la vegetación

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA
A-P S2	Andosol poco riego sin geotextil	-17.99%
L-P S2	Litosol poco riego sin geotextil	7.5%

Tabla 30. Resultados más bajos para el crecimiento y el porcentaje de sobrevivencia de la vegetación. Fuente: creación propia.

CAPÍTULO 3.

PROPUESTA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN DE UN MURO VERDE NATURAL CON GEOTEXILES EN EL SENDERO GUADALUPE. (PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE. COACALCO, EDO DE MÉXICO)

CAPÍTULO 3. Propuesta de diseño de instalación de un muro verde natural con Geotextiles en el Sendero Guadalupe. (Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Coacalco, Edo de México)

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se ahondará en un caso de aplicación con geotextiles para la recuperación y el mejoramiento del paisaje en el polígono de intervención denominado “Sendero Guadalupe” ubicado dentro del Parque Estatal Sierra de Guadalupe en el Municipio de Coacalco, Estado de México.

Para el desarrollo del caso de aplicación se realizó un estudio documental previo para contextualizar y entender mejor la dinámica ambiental del lugar.

La información recopilada ayudó a realizar una propuesta de mejora de la zona mediante un proyecto de muro verde natural usando geotextiles.



Imagen 62. Paisaje del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

Este capítulo está desarrollado en tres etapas con base en los aspectos más relevantes a considerar para la propuesta de diseño y la aplicación de geotextiles, de las cuales se visualizan los siguientes tópicos:

3.2. PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE

A. Historia

B. Localización

C. Componentes ambientales

3.2.1. Análisis ambiental

3.2.1.1. Clima

3.2.1.2. Edafología

3.2.1.3. Hidrología

3.2.1.4. Vegetación

3.2.1.5. Fauna

3.2.1.6. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

3.2.1.7. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

D. Componentes sociales

E. Componentes urbanos

3.2.2. Análisis urbano

3.2.2.1. Infraestructura

3.2.2.2. Usos de suelo

3.2.2.3. Instrumentos legales

3.2.3. Organismos involucrados

3.3. DIAGNÓSTICO DEL POLÍGONO DE INTERVENCIÓN PROPUESTO: SENDERO GUADALUPE. PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE, COACALCO.

3.3.1. Ubicación

3.3.2. Sitios de interés

3.3.3. Características del paisaje

3.3.4. Análisis de los Componentes del paisaje

3.3.4.1. Sistema ecológico

3.3.4.2. Sistema polisensorial

3.3.4.3. Sistema sociocultural

Estructura urbana

Vialidad y transporte

Infraestructura social

3.4. PROPUESTA DE DISEÑO. INSTALACIÓN DE UN MURO VERDE NATURAL CON GEOTEXTILES EN EL SENDERO GUADALUPE. PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE, COACALCO.

3.4.1. El caso

3.4.2. El problema

3.4.3. La hipótesis

3.4.4. La propuesta de diseño. Instalación de un muro verde con geotextiles

3.4.4.1. El polígono de intervención

3.4.4.2. La vegetación

3.4.4.3. Propuesta por sectores

3.4.4.4. El geotextil

3.2. PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE

A. Historia

Ubicada entre la Ciudad de México y el Estado de México, la historia de la Sierra de Guadalupe contiene un vasto catálogo de información que nos puede dar una pauta para determinar la importancia que ha tenido esta zona a lo largo de la historia. Desde los primeros asentamientos humanos ha sido una importante proveedora de recursos naturales albergando diferentes comunidades tal como lo muestran los diferentes vestigios encontrados dentro de ella.

Prueba de ello son los restos encontrados en el Cerro del Tepeyac de algunas especies de “mamuts *Mammuthus* sp, caballos *Equus* sp, perezosos *Glossotherium harlani* y tortugas *Kinosternon* sp” (Avilés, 1984 citado en Aguilera & García, 2000).

También se tienen registros sobre murales en cuevas, restos de pirámides y algunos teocallis. Estos hallazgos brindan información sobre el tipo de fauna que se encontraba dentro de ella, así como de las actividades culturales y religiosas que se practicaban.

Aguilera y García (2000) señalan que las primeras modificaciones por los primeros pobladores en la Sierra de Guadalupe fueron hace unos 20 mil años. Algunos registros arqueológicos muestran que desde la época prehispánica existían actividades de deforestación que se incrementaron en el siglo II a.C. I (Mooser, 1956 citado en Hubp y Montes, 1996). La intensificación de estas actividades podría haber sido los primeros catalizadores para la modificación del paisaje en la Sierra de Guadalupe.

Hernández (2007) indica que durante la época colonial se introdujo ganado equino y vacuno en la Sierra, efectuándose la tala de bosques para proveer de madera a la creciente Ciudad colonial y abrir campos de pastoreo.

Años más tarde durante el siglo XX se suscitaron cambios sobre la Sierra estimulados por la transformación social, política y económica que se vivía en el país. Ejemplo de ello, fueron los asentamientos irregulares que se incrementaron en los años 70's como consecuencia del crecimiento de la Ciudad de México.



Imagen 63. Velasco, J.M (1840 – 1912). Vista del valle de México desde la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: <https://franzmayer.org.mx/blog/vista-del-valle-de-mexico-desde-la-sierra-de-guadalupe/>

Cerro del Tepeyac

El cerro del Tepeyac ha sido una zona muy importante dentro de la Sierra de Guadalupe. El “Códice de Teotenantzin” es considerado como una muestra del culto que existía hacia las deidades femeninas en este cerro.

En él se construyó un teocalli a la Diosa Tonantzin, la cual era considerada como la madre de todos los dioses, posteriormente fue destruido con la llegada de los españoles.

Durante la conquista española los teocallis establecidos dentro de la Sierra de Guadalupe fueron destruidos y reemplazados por capillas e iglesias, como la pirámide de Tenayuca la cual fue destruida en su totalidad.

En 1531, se crea un importante hito histórico y religioso con la aparición de la Virgen de Guadalupe hecho que le otorga el actual nombre Sierra De Guadalupe.



Imagen 64. INAH. Deidades del Códice de Teotenantzin. Siglo XVIII. Códice de Teotenantzin. Recuperado de: https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/codice%3A643

B. Localización

La sierra de Guadalupe se localiza entre los paralelos 19° 29'05" y 19° 37'30" de latitud norte, entre los meridianos 99° 02' 30" y 99° 11' 50" de longitud oeste, a una altitud de 2240 a 2950 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una extensión de 16 km de norte a sur, por 17 km de oriente a poniente.

Actualmente su superficie abarca 5,293.40 hectáreas de las cuales 3,240 ha son de reserva ecológica. Se extiende por la Ciudad de México y el Estado de México por lo que sus diferentes legislaciones y regulaciones están determinadas por diferentes dependencias gubernamentales.

En la Ciudad de México el área corresponde a la delegación Gustavo A. Madero mientras que en el Estado de México se distribuye en cuatro municipios, Ecatepec, Coacalco, Tlanepantla y Tultitlán. Siendo Ecatepec y Coacalco los que más superficie abarcan.

MUNICIPIO	PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIE
Ecatepec	34%
Coacalco	24%
Tlanepantla	21%
Tultitlán	21%

Tabla 31. Gobierno del Estado de México. (2015). Porcentaje de distribución de la superficie del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: <https://edomex.gob.mx/>



Imagen 65. Ramón Almaraz. 1867. Mapa de la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: <https://i.pinimg.com/originals/97/8e/bb/978ebbe89377d8a5fc69a1da93c233a0.jpg>

C. Componentes ambientales

3.2.1. Análisis ambiental

3.2.1.1. Clima

El clima de la Sierra de Guadalupe con base en el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (1994), es Cb(w0) (w)(i') g, un clima templado, subhúmedo árido con lluvias en verano, la precipitación total anual es de 584.7 mm y la temperatura media anual de 15°C a 16 °C.

Enero se caracteriza por ser el mes más frío con una temperatura media de 13.1°C, también es el más seco con 30 mm y junio el más húmedo con 152 mm. Las heladas duran de septiembre a abril siendo las más fuertes las de noviembre a febrero.

3.2.1.2. Edafología

Los suelos de la Sierra de Guadalupe son muy delgados y jóvenes los cuales se distinguen por ser de color claro, secos y compuestos por cenizas volcánicas. Se pueden encontrar litosoles y regosoles localizados en las partes altas de la sierra principalmente en pendientes y cañadas donde hay escasez de rocas.

Están asociados con vegetación de coníferas o en zonas donde la cobertura vegetal es dispersa (Aguilera y Cervantes, 1988 citado en Aguilera y Montero, 2000).

En los declives moderados o suaves se encuentran predominantemente suelos tipo Feozem caracterizados por ser tierras pardas de color oscuro con una consistencia suave y ricos en materias orgánicas. (González Medrano, 2003 citado en Gaceta Oficial Del Distrito Federal, 2006).

TIPO DE SUELO	SUPERFICIE DENTRO DEL PARQUE (HA)	PORCENTAJE DE SUPERFICIE EN EL PARQUE
Litosol	11.00	0.20%
Fluvisol eútrico	64.00	1.23%
Regosol Eútrico	634.28	11.95%
Feozem háplico	4,597.17	86.63%
TOTAL	5,306.45	100%

Tabla 32. PROGRAMA DE MANEJO DEL PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE. (1999). Recuperado de: <https://edomex.gob.mx/>



Imagen 66. Plano topográfico del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx>.

CERROS

El sistema montañoso de la Sierra de Guadalupe es muy extenso y a pesar de que no se encontraron registros oficiales con listados completos sobre los nombres y la cantidad total de cerros que la componen, a continuación, se enlistan los más conocidos y algunos de los cuales aparecen en publicaciones oficiales:

CERROS DE LA SIERRA DE GUADALUPE	
<ul style="list-style-type: none">▪ Cerro Aceitado▪ Cerro Coamilpa▪ Cerro Cola de Caballo▪ Cerro Corona▪ Cerro Cuautépetl (Cerro del Águila)▪ Cerro de Córdoba▪ Cerro de la Calavera▪ Cerro de los Gachupines▪ Cerro de los Otomíes▪ Cerro de María Auxiliadora (Xoloc)▪ Cerro de Santa Isabel▪ Cerro del Chiquihuite▪ Cerro del Picacho El Fraile▪ Cerro del Picacho El Jaral▪ Cerro del Picacho Moctezuma▪ Cerro del Tenayo	<ul style="list-style-type: none">▪ Cerro del Tepeyac▪ Cerro Ehecatl▪ Cerro El Panal▪ Cerro Encinos▪ Cerro Guerrero▪ Cerro la Cañada▪ Cerro los Díaz▪ Cerro Petlecatl▪ Cerro Pico Tres Padres o Quauhtepetl▪ Cerro Santa Cecilia▪ Cerro Tecuatzin▪ Cerro Tenayuca▪ Cerro Tlalayote▪ Cerro Vicente Guerrero▪ Cerro Vinguineros▪ Cerro Zacatenco

Tabla 33. Lista de algunos de los cerros comunes del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Fuente: creación propia.

3.2.1.3. Hidrología

La hidrología superficial de la Sierra de Guadalupe presenta un volumen muy escaso con un alto porcentaje de infiltración a los mantos freáticos (INEGI, 1970 citado en Gaceta Oficial De La Ciudad De México, 2016).

Está constituida por una red de corrientes estacionales y arroyos de carácter intermitente resultado de sus características geológicas y edafológicas, siendo los principales el Arroyo La Armella, El Tejón, La Mora, Arroyo El Grande y El Panal que tienen su origen en la Sierra y que desembocan en el Río San Felipe, que presenta una intersección con los ríos Tlalnepantla y Río de los Remedios (Gaceta Oficial De La Ciudad De México, 2016).

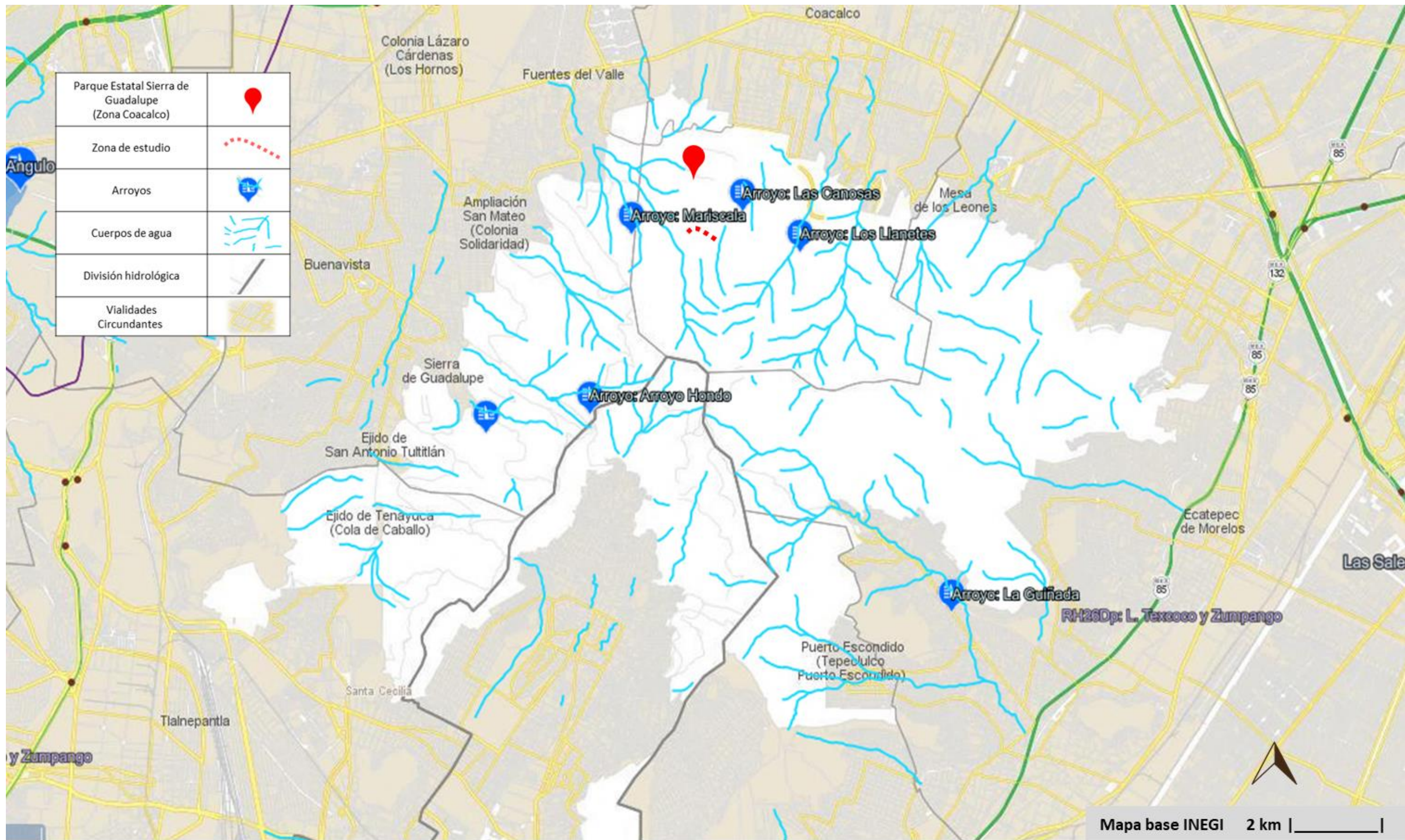


Imagen 67. INEGI. (2020). Mapa de la hidrografía de la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/>.

3.2.1.4. Vegetación

La vegetación en la Sierra de Guadalupe ha sido modificada a lo largo de los años debido a la intervención antrópica, los cambios ambientales y la urbanización.

Originalmente la vegetación estaba compuesta por bosques de encinos de las especies *Quercus*, enebros de la especie *Juniperus deppeana* y madroños de la especie *Arbutus xalapensis*.

Estas especies junto con algunas de pinos formaban un bosque mixto rico en biodiversidad.

Actualmente algunas de estas especies solo se pueden encontrar en lugares como cañadas húmedas lejos de centros de población y de actividades como el pastoreo y la agricultura (Aguilera & Montero, 2000).

Con el transcurso de los años la vegetación fue disminuyendo visiblemente sobre todo en las zonas cercanas a la urbe.

Una de las medidas tomadas para frenar y recuperar esta vegetación fue la implementación de programas de reforestación.

Aguilera & Montero (2000) describen que las especies seleccionadas fueron especialmente “eucaliptos *Eucalyptus globulus*, casuarinas, pirules, estoraques, álamos, sauces y coníferas de la familia de las Pinaceae y del género *Abies*” (p.3).

Fue precisamente el uso de especies exóticas, como el eucalipto, lo cual terminó mermando la calidad ambiental de la Sierra debido a la forma agresiva con que estos árboles se reproducen.

Como consecuencia de esto, hoy en día se pueden observar prevalentemente grandes comunidades de eucaliptos rodeados de manchones secos con visible ausencia de vegetación.

TIPO DE VEGETACIÓN	CARACTERÍSTICA	UBICACIÓN EN LA SIERRA DE GUADALUPE	ESPECIES
Bosque de Encino	Arbórea	Terrenos accidentados, pendientes de más de 35°, altura de 2,500 a 3,050 msnm. En la parte alta de los cerros Pico Tres Padres, Picacho, Picacho El Fraile, Pico Moctezuma y parte del Córdoba	Quercus rugosa
			Quercus desertícola
			Quercus glaucoides
			Quercus mexicana
			Quercus castanea
			Quercus obtusata
Matorral subinermé	Plantas espinosas	Laderas con pendientes. Suelos someros y pedregosos. Sureste: cerros del Chiquihuite, Cuanahuantepec, Helipuerto, Puerto Las Vacas y Cañada San Andrés. Este: partes bajas del Cerro Pico Los Díaz; al suroeste en el Picacho Tlacomulco, Picacho Cruz, Cerro Jaral y Puerto Vinguineros. Noreste: cerro Córdoba, partes bajas del Cerro Picacho y Picacho el Fraile.	Opuntia streptacantha
			Zaluzania augusta
			Mimosa aculeticarpa
			Eysenhardtia polystachya
Pastizal	Zonas perturbadas con eliminación de la vegetación original	Sur: cerros del Picacho, el Jaral, Picacho Tlacomulco, Picacho Cruz, Cerro Córdoba, Pico Los Díaz y Cerro María Auxiliadora	Bouteloua gracilis
			Hilaria cenchroides
			Herbáceas anuales de gramíneas
			Leguminosae y Gramineae
Bosques artificial o inducido	Vegetación inducida de manera artificial	Diversos polígonos de la zona	Eucalipto (Eucalyptus camaldulensis)
			Coníferas (Pinus radiata, Pinus ayacahuite, Pinus gregii y Cupressus lusitánica), encino (Quercus spp.), fresno (Fraxinus uhdei) y frutales como tejocote (Crataegus mexicana), durazno (Prunus pérsica), membrillo (Cydonia vulgaris), guayaba (Psidium guajaba), pera (Pyrus communis), capulín (Prunus serótina) y nopal (Opuntia spp.)
Matorral xerófilo	Comunidad arbustiva baja	La mayor parte de la superficie del ANP	Eysenhardtia polystachya
			Mimosa biuncifera
			Acaciella angustissima
			Opuntia streptacantha
			Havardia leptophylla
			Buddleja parviflora
			Brongniartia intermedia
			Dahlia coccinea
			Tradescantia crassifolia
			Milla biflora
			Cardiospermum halicacabum
			Bouvardia ternifolia
			Ruellia láctea
			Thalictrum pubigerum
			Ipomoea stans
Mirabilis longiflora			
Tagetes lucida			
Cologania angustifolia			

Tabla 34. Adaptado de GACETA OFICIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO. (2016). Vegetación de la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: www.cms.sedema.cdmx.gob.mx

LISTA DE ESPECIES IDENTIFICADAS EN EL PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE

VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE		
Nombre común	Nombre Científico	Estatus de la especie
Abrojo Europeo	<i>Helminthotheca echioides</i>	Introducida
Acacia Mimosa Australiana	<i>Acacia baileyana</i>	Introducida
Achual	<i>Simsia amplexicaulis</i>	Nativa
Acedera	<i>Oxalis corniculata</i>	Introducida
Acederilla	<i>Oxalis latifolia</i>	Nativa
Aceitilla	<i>Bidens odorata</i>	Nativa
Acelguilla Euroasiática	<i>Reseda luteola</i>	Introducida
Ahuehete	<i>Taxodium mucronatum</i>	Nativa
Ala de Ángel	<i>Begonia gracilis</i>	Nativa
Alfilerillo	<i>Lopezia racemosa</i>	Nativa
Alfombrilla de Campo	<i>Glandularia bipinnatifida</i>	Nativa
Alicoche Cocuá	<i>Echinocereus cinerascens</i>	Endémica
Amor Seco	<i>Gomphrena serrata</i>	Nativa
Ayatito	<i>Calochortus barbatus</i>	Nativa
Ayohuiztle	<i>Solanum rostratum</i>	Nativa
Bandera Española	<i>Canna indica</i>	Nativa
Bejuco Elegante	<i>Funastrum elegans</i>	Endémica
Biznaga de Espina Solitari	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Endémica
Biznaga de Flores Rosadas	<i>Mammillaria rhodantha</i>	Endémica
Biznaga Ganchuda	<i>Ferocactus latispinus</i>	Endémica
Biznaga Ondulada Crespada	<i>Echinofossulocactus crispatus</i>	Endémica

VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE		
Nombre común	Nombre común	Nombre común
Biznaga Ondulada Tepexcomitle	<i>Echinofossulocactus obvallatus</i>	Endémica
Biznaga Partida	<i>Coryphantha ottonis</i>	Endémica
Biznaga Partida Chiche de Burro	<i>Coryphantha pycnacantha</i>	Endémica (En peligro)
Bola Africana del Rey	<i>Leonotis nepetifolia</i>	Introducida
Burrillo	<i>Stevia serrata</i>	Nativa
Campanilla Morada	<i>Ipomoea purpurea</i>	Nativa
Cardenche	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Nativa
Carretilla	<i>Medicago lupulina</i>	Introducida
Casalá	<i>Commelina dianthifolia</i>	Endémica
Chapulixtle	<i>Dodonaea viscosa</i>	Nativa
Chilayo	<i>Lophocereus marginatus</i>	Endémica
Chipule	<i>Pinaropappus roseus</i>	Nativa
Cinco Llagas	<i>Tagetes lunulata</i>	Nativa
Colecitas	<i>Euphorbia radians</i>	Nativa
Colorín	<i>Erythrina folkersii</i>	Nativa
Conchita	<i>Echeveria mucronata</i>	Endémica
Dalia Blanca Común	<i>Dahlia merckii</i>	Endémica
Dalia Roja	<i>Dahlia coccinea</i>	Nativa
Diente de León	<i>Taraxacum officinale</i>	Introducida
Encino Quiebra Hacha	<i>Quercus rugosa</i>	Endémica
Engordacabra	<i>Dalea bicolor</i>	Nativa
Espino	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Nativa
Espinosilla	<i>Loeselia mexicana</i>	Nativa
Estrellita	<i>Milla biflora</i>	Endémica

VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE		
Nombre común	Nombre Científico	Estatus de la especie
Flamenquilla	<i>Dyssodia papposa</i>	Nativa
Flor de San Juan	<i>Bouvardia longiflora</i>	Endémica
Flor Pata de Gallo	<i>Tinantia erecta</i>	Nativa
Gallinitas	<i>Tillandsia recurvata</i>	Nativa
Gallito de Monte	<i>Zinnia peruviana</i>	Nativa
Garambullo	<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Endémica
Gigantón	<i>Tithonia tubaeformis</i>	Nativa
Girasol Morado	<i>Cosmos bipinnatus</i>	Nativa
Helecho Dorado	<i>Myriopteris aurea</i>	Nativa
Hierba del Corazón	<i>Maurandya antirrhiniflora</i>	Nativa
Hierba del Golpe	<i>Oenothera rosea</i>	Nativa
Hierba del Negro	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>	Nativa
Hierba del Pollo	<i>Commelina diffusa</i>	Nativa
Huizache	<i>Vachellia farnesiana</i>	Nativa
Huizache Chino	<i>Vachellia schaffneri</i>	Nativa
Jaspalache	<i>Sedum moranense</i>	Endémica
Kalanchoe de Madagascar	<i>Kalanchoe delagoensis</i>	Introducida
Lágrima de María	<i>Sedum dendroideum</i>	Nativa
Lechuguilla	<i>Agave inaequidens</i>	Endémica
Lengua de Vaca	<i>Rumex obtusifolius</i>	Introducida
Lirio Azteca	<i>Sprekelia formosissima</i>	Endémica
Maguey Blanco	<i>Agave americana</i>	Nativa
Maguey de Castilla	<i>Agave applanata</i>	Endémica
Maguey Manso	<i>Agave mapisaga</i>	Endémica
Maguey Pulquero	<i>Agave salmiana</i>	Endémica

VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE		
Nombre común	Nombre Científico	Estatus de la especie
Malva de Campo	<i>Malva sylvestris</i>	Introducida
Manzanilla de Llano	<i>Senecio inaequidens</i>	Introducida
Maravilla	<i>Mirabilis jalapa</i>	Nativa
Marrubio de Monte	<i>Marrubium vulgare</i>	Introducida
Mastuerzo	<i>Tropaeolum majus</i>	Introducida
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>	Nativa
Mezquite Blanco	<i>Prosopis laevigata</i>	Nativa
Mirto Chico	<i>Salvia microphylla</i>	Nativa
Mirto Uva	<i>Salvia melissodora</i>	Endémica
Nopal Camueso	<i>Opuntia robusta</i>	Nativa
Nopal Cardón	<i>Opuntia streptacantha</i>	Endémica
Nopal Chamacuelo	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nativa
Ojo de Gallo	<i>Sanvitalia procumbens</i>	Nativa
Oreja de Ratón	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i>	Introducida
Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	Nativa
Palma Pita	<i>Yucca filifera</i>	Endémica
Palo Azul	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Nativa
Pericón	<i>Tagetes lucida</i>	Nativa
Pinillo	<i>Asclepias linaria</i>	Nativa
Pino Prieto	<i>Pinus greggii</i>	Endémica
Pirú Sudamericano	<i>Schinus molle</i>	Introducida
Retama	<i>Senna multiglandulosa</i>	Nativa
Rosilla	<i>Dyssodia pinnata</i>	Nativa
Sábila Candelabro	<i>Aloe arborescens</i>	Introducida
Siempreviva Copalito	<i>Sedum oxypetalum</i>	Endémica

VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE		
Nombre común	Nombre Científico	Estatus de la especie
Tabaquillo Sudamericano	<i>Nicotiana glauca</i>	Introducida
Tatalencho	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Nativa
Tejocote	<i>Crataegus mexicana</i>	Nativa
Tepeguaje Dormilón	<i>Leucaena leucocephala</i>	Nativa
Tepenexcomite	<i>Echinofossulocactus pentacanthus</i>	Endémica
Tepozán Blanco	<i>Buddleja cordata</i>	Endémica
Tlacote	<i>Salvia mexicana</i>	Endémica
Toloache	<i>Datura stramonium</i>	Nativa
Trompetilla	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Nativa
Tumbavaqueros	<i>Ipomoea stans</i>	Endémica
Zacate Plumoso Africano	<i>Cenchrus longisetus</i>	Introducida
Zapatilla Escarlata	<i>Dichromanthus cinnabarinus</i>	Endémica
Zazalic	<i>Mentzelia hispida</i>	Nativa
Zoapatle o Acahuite	<i>Montanoa tomentosa</i>	Nativa

Tabla 35. Naturalista. (2020). VEGETACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx/>



Imagen 68. En la Sierra de Guadalupe convergen especies nativas, endémicas y exóticas. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

3.2.1.5. Fauna

La Sierra de Guadalupe también alberga dentro de sí una importante población de fauna que incluye mamíferos, aves y anfibios. Algunas de estas especies han disminuido drásticamente su población como consecuencia del crecimiento la mancha urbana.

FAUNA DE LA SIERRA DE GUADALUPE		
Nombre común	Nombre Científico	Estatus de la especie
Abeja Melífera Europea	<i>Apis mellifera</i>	Introducida
Aguililla Cola Roja	<i>Buteo jamaicensis</i>	Nativa
Araña Manchada de Jardín	<i>Neoscona oaxacensis</i>	Nativa
Araña Saltarina Verde-Dorado	<i>Paraphidippus aurantius</i>	Nativa
Babosa de Pantano	<i>Deroceras laeve</i>	Nativa
Cacomixtle Norteño	<i>Bassariscus astutus</i>	Nativa
Capulinerio Negro	<i>Phainopepla nitens</i>	Nativa
Caracol de Jardín	<i>Cornu aspersum</i>	Introducida
Cardenal Rojo	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Nativa
Carpintero Nuca Roja	<i>Sphyrapicus nuchalis</i>	Nativa
Cascabel de Cola Negra	<i>Crotalus molossus</i>	Sujeta a protección especial (NOM - 059)
Cascabel Obscura de Querétaro	<i>Crotalus aquilus</i>	Sujeta a protección especial (NOM - 059)
Cascabel Pigmea Mexicana	<i>Crotalus ravus</i>	Amenazada
Catarina Asiática	<i>Harmonia axyridis</i>	Introducida
Catarina Sin Manchas	<i>Cycloneda sanguinea</i>	Nativa
Cernícalo Americano	<i>Falco sparverius</i>	Nativa
Chapulín Diferencial	<i>Melanoplus differentialis</i>	Nativa
Chinche Africana	<i>Agonoscelis puberula</i>	Introducida
Chipe de Townsend	<i>Setophaga townsendii</i>	Nativa
Chipe Rabadilla Amarilla	<i>Setophaga coronata</i>	Nativa
Colibrí Pico Ancho	<i>Cyanthus latirostris</i>	Nativa
Conejo Serrano	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Nativa
Cuitlacoche Pico Curvo	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Nativa
Culebra Terrestre del Centro	<i>Conopsis lineata</i>	Endémica

Tabla 36. Naturalista. (2020). FAUNA DE LA SIERRA DE GUADALUPE. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx/>



Imagen 69. Algunos animales introducidos en la Sierra han sido los perros y lo caballos. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora

3.2.1.6. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Al ser un área natural protegida la Sierra de Guadalupe aún conserva muchas características y elementos ecológicos que le permiten seguir brindando servicios ambientales. Contiene dentro de sí una rica biodiversidad compuesta por bosques, plantas, fauna e insectos, como la mariposa monarca.

Se estima que alberga 1,700 especies de plantas, 20 de anfibios, 50 reptiles, 320 de aves y 70 de mamíferos, lo cual equivale a más del 10 % de la existente en el país colocándola como una de las regiones con más biodiversidad (Programa General del Ordenamiento Ecológico para el Distrito Federal, 2000 citado en Programa de Manejo del Área Natural Protegida, con categoría de zona sujeta a Conservación Ecológica “Sierra de Guadalupe”, 2016).

Es considerada como la única zona al norte de la Ciudad de México que cuenta con condiciones para prestar servicios ambientales como la regulación de procesos ecosistémicos, control biológico, filtración del aire, control del clima, mitigación de riesgos, control de la erosión, captura de CO₂ y de partículas suspendidas.

Cumple un importante papel hidrológico donde más del 80% del agua de lluvia es infiltrada al acuífero (Programa De Manejo Del Área Natural Protegida, Con Categoría De Zona Sujeta A Conservación Ecológica “Sierra De Guadalupe”, 2016).



Imagen 70. La Sierra de Guadalupe es hogar de especies importantes de lepidópteros. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

3.2.1.7. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

La Sierra de Guadalupe es un Área Natural Protegida que se encuentra amenazada por problemáticas ambientales como resultado de la intervención humana.

Algunos de los principales problemas son los asentamientos irregulares, los incendios forestales, los cambios en el uso de suelo, su vulnerabilidad ecológica, las actividades de recreación y los basureros.

Asentamientos irregulares

La Sierra de Guadalupe ha perdido gran parte de su superficie como consecuencia del incremento de los asentamientos no regulados. Uno de los principales objetivos de su declaración como Área Natural Protegida y el establecimiento de bardas perimetrales ha sido frenar estos asentamientos, sin embargo, el número sigue creciendo considerablemente.

Tal como lo declara el gobierno de la Ciudad de México en la Gaceta oficial:

Los asentamientos humanos que se han establecido en la Ciudad de México, sobre todo en su zona norte, ocupan áreas de alto valor ecológico actual o potencial lo que trae consigo la degradación del medio ambiente del lugar, así como una grave depredación de los elementos naturales independientemente de que dichos asentamientos humanos presentan problemas de impactos ecológicos potenciales dadas las dificultades que representa el dotarlas de servicios públicos sin graves riesgos de mayores impactos negativos a la calidad del medio ambiente. (Gaceta Oficial De La Ciudad De México, 2016, p.5)

Los principales problemas que generan los asentamientos irregulares son una mayor demanda de servicios que conlleva a una serie de conflictos ambientales y a un cambio en las condiciones naturales del suelo de conservación.

Las amenazas primordiales se asocian cambios en la cobertura natural del suelo, la tala ilegal y el pastoreo que ocasiona erosión, destrucción de sitios naturales y disminución de las zonas de recarga para el acuífero (Gaceta Oficial De La Ciudad De México, 2016, p.22).

Incendios forestales

Otro problema muy recurrente son los incendios forestales. Ya sean originados de manera natural o provocados intencionalmente estos afectan directamente la calidad de los bosques, de la vegetación y la fauna que habita en la Sierra de Guadalupe.



Imagen 71. Vegetación dañada después de un incendio forestal en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

Cambio en el uso de suelo

Los cambios en el uso de suelo están relacionados directamente con el crecimiento de los asentamientos irregulares y la especulación de lotes para desarrollos inmobiliarios.

El análisis histórico de este fenómeno nos lleva a la segunda mitad del siglo XX cuando la Ciudad de México se presentaba como una región donde se concentraban los poderes públicos, económicos y políticos más importantes del país, sin embargo, ante su imposibilidad para albergar a la población emigrante, el Estado de México se convirtió en la mejor opción para establecerse creándose municipios como Nezahualcóyotl, Cuautitlán Izcalli y Valle de Chalco.

De esta manera, a partir de los años setenta y hasta la mitad de los ochenta, el perímetro de la Sierra de Guadalupe presento un importante crecimiento poblacional que invadió zonas protegidas originando una considerable pérdida de ecosistemas y una deforestación intensa (Alberto, 2007).

Vulnerabilidad ecológica

La Sierra de Guadalupe al ser una importante zona ambiental posee características que la hacen propensa a ser vulnerable ecológicamente a los cambios relacionados con fenómenos antrópicos y naturales. Algunas de estas características son los tipos de suelos que contiene los cuales se caracterizan por ser pocos profundos, delgados y susceptibles a la erosión.

Prueba de ello es la pérdida de fertilidad del suelo en cultivos agrícolas en pendientes pronunciadas los cuales se convierten en azolve con las lluvias y crea un taponamiento en las avenidas, caso de la Av. José López Portillo (Alberto, 2007). Otra de estas características es su topografía caracterizada por pendientes y zonas accidentadas que facilitan los procesos erosivos. Se considera que la principal pérdida de suelo se da por erosión laminar hídrica y en segundo lugar por la erosión eólica (Programa De Manejo Del Parque Estatal Sierra De Guadalupe, 1999).

La flora y la fauna es otro factor importante ya que alberga especies endémicas y nativas de las cuales muchas de ellas solo pueden encontrarse dentro de la Sierra de Guadalupe.

Algunas de estas especies se encuentran sujetas a protección especial en la Norma Mexicana De Especies En Riesgo (NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010). Tal es el caso de vegetación endémica como el Cedro blanco (*Cupressus lusitanica*) o de aves como el Verdugo Americano (*Lanius ludovicianus*).



Imagen 72. Usuarios de la Sierra de la Sierra de Guadalupe en un evento deportivo. Julio de 2019. Coacalco. Fuente: foto tomada por la autora.

D. Componentes sociales

Actividades de recreación

Las actividades de recreación dentro del parque están reguladas y controladas mediante la delimitación de zonas específicas. Algunas actividades incluso necesitan autorización previa para poder ser llevadas a cabo como la instalación de campamentos, las jornadas comunitarias, los programas de reforestación, la limpieza y el préstamo de instalaciones.

Otras actividades comunes y no reguladas son las caminatas, las carreras, el senderismo y el uso de bicicletas y motos.

Se estima que el senderismo es la actividad que más vulnera la calidad ambiental en el parque debido al daño que produce la pisada humana en la cubierta vegetal, además de las secuelas que producen las visitas como la acumulación de basura, el vandalismo, el daño a señalamientos, la extracción de vegetación y animales y los incendios forestales provocados.

Basureros

Algunas partes de la Sierra de Guadalupe han sido ocupadas como rellenos sanitarios. La demanda de servicios para el manejo de residuos es muy alta debido a las toneladas de basura que produce la Ciudad de México y el Estado de México al día.

La Sierra de Guadalupe al ser una zona con amplias áreas libres ha sido erróneamente proyectada como un espacio para la acumulación de basura. Existen antecedentes de rellenos sanitarios en los municipios de Coacalco y Tultitlán en el Estado de México. Este tipo de prácticas evidentemente ponen en riesgo la integridad de los valores ambientales, paisajísticos, ecológicos y sociales que se han buscado conservar en los últimos años.

Actualmente en la Sierra de Guadalupe, en el municipio de Tultitlán, se encuentra activa la empresa Tecnosilicatos de México SA de CV que se dedica a brindar servicios de manejo de residuos.



Imagen 73. Ex basurero en Tultitlán en parte baja de Sierra de Guadalupe. Octubre de 2016. Fuente: <https://perfilurbano.com.mx/gobierno-de-tultitlan-protege-la-sierra-de-guadalupe-y-la-salud-de-las-familias-tultitlenses/>

E. Componentes urbanos

3.2.2. Análisis urbano

Este análisis urbano de la Sierra de Guadalupe estuvo basado en la metodología propuesta por el profesor Félix Alonso propuesta en su libro “El barrio de la Banda” (1993).

La Sierra de Guadalupe al tener una superficie bastante amplia abarcando parte de la Ciudad de México y el Estado de México, está rodeada por un entorno regional que se caracteriza por la urbanización con un vasto sistema de vialidades como calles, colonias, avenidas y carreteras.

Las vialidades más características son:

- Av. José López Portillo
- Av. Gustavo Baz
- Av. Morelos
- Av. Río de los Remedios
- Av. Acueducto
- Blvd. Manuel Ávila Camacho
- Autopista México – Pachuca
- Autopista Naucalpan – Ecatepec
- Autopista México - Querétaro

Esta red vial comunica el acceso a la Sierra y permite el tránsito de diferentes transportes como el transporte público, transporte privado, el transporte de carga, el paso del Mexibús y del tren suburbano, entre otros.

Además, contiene infraestructura de comunicación como antenas de televisión y radio, extensas vías para la conducción de combustibles y de energía que brindan servicio de manera local y a su vez conectan estos servicios a otros puntos del Valle de México.

3.2.2.1. Infraestructura

Tanto en la Ciudad de México como en el Estado de México la Sierra de Guadalupe está dotada de infraestructura que permite el monitoreo y vigilancia para la conservación de la zona.

Infraestructura del Estado de México

El Estado de México cuenta con:

- 14 casetas de vigilancia.
- 3 torres de observación ubicadas en pico Tres Padres, en el cerro Cola de Caballo y Tlalayotes.
- 32 km de Circuito Vial.
- 143 presas filtrantes y de mampostería.
- Centros de educación ambiental, módulos y áreas recreativas, explanadas para campamentos y actividades deportivas, palapas y estacionamientos.
- Un Sistema de Monitoreo Ambiental de la Zona Metropolitana del Valle de México con 5 Cámaras para la detección de incendios forestales y/o actividades no compatibles a la conservación de la Sierra de Guadalupe.
- Muros perimetrales



Imagen 74. Infraestructura preventiva pluvial en Sierra de Guadalupe. Julio de 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

Actividades de recreación en el Estado de México:

- Senderismo
- Escalada en roca
- Rappel
- Ciclismo de montaña y ciclismo de ruta sobre circuito vial
- Campismo
- Visitas guiadas
- Actividades de educación ambiental (conferencias, cursos, talleres, exposiciones)
- Préstamo de instalaciones

Además, cuenta con diez arcos de acceso distribuidos a lo largo de los cuatro municipios:

1. Acceso "Puerto": Prolongación Ecatepec S/N, colonia Ex Ejido Santa Cecilia, municipio de **Tlalnepantla**
2. Acceso "Loma": Prolongación Águila Real S/N, colonia El Tesoro, municipio de **Tultitlán**
3. Acceso "Fraile": Prolongación Agustín de Iturbide S/N, pueblo Santa María Cuauhtepic, municipio de **Tultitlán**
4. Acceso "Xolo": Prolongación Calle 7 S/N, colonia Ejidal, municipio de **Coacalco**
5. Acceso "República": Calle Querétaro S/N, colonia República, municipio de **Coacalco**
6. Acceso "Los Díaz": Prolongación Lomas de Murcia S/N fraccionamiento Lomas de Coacalco, municipio de **Coacalco**
7. Acceso "Parque": Avenida Del Parque No. 469, colonia Parque Residencial Coacalco 3a. sección, municipio de **Coacalco**
8. Acceso "Las Venitas": Prolongación Tepozanes S/N colonia Tierra Blanca, municipio de **Ecatepec**
9. Acceso "Ehécatl": Prolongación Agricultura S/N, colonia La Mora municipio de **Ecatepec**
10. Acceso "San Andrés": Avenida San Andrés S/N, colonia San Andrés de la Cañada, municipio de **Ecatepec**

MUROS PERIMETRALES EN EL PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE	
Muro ecológico	9.1 kilómetros en 1998-1999
Murete con malla	24.5 kilómetros en 2000-2002
Murete con malla	15.98 kilómetros en 2013-2014 (conservación de hábitats 1ª Etapa)
Murete con malla	19.72 kilómetros en 2015 en proceso (Conservación de Hábitats 2ª Etapa)
PERÍMETRO TOTAL	72.29 kilómetros

Tabla 37. Gobierno del Estado de México. (2015). Muros Perimetrales en el Parque Estatal Sierra De Guadalupe. Recuperado de: <https://www.ipomex.org.mx/>

Infraestructura en el municipio de Coacalco:

- CENTRO ECOTURÍSTICO Y DE EDUCACIÓN AMBIENTAL SIERRA DE GUADALUPE. Este centro cuenta con sala audiovisual, de talleres, sala de exposiciones, sanitarios, área de enfermería, exhibidor de venados, un invernadero didáctico demostrativo, un módulo ecoturístico equipado con palapas con asador y juegos infantiles, oficinas Sede del Sistema Telemático de Monitoreo Ambiental y exhibidor de Venados.
- UNIDADES PARA LA CONSERVACIÓN, MANEJO Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA VIDA SILVESTRE (UMA)
- 1 exhibidor UMA con 11 Venados Cola Blanca y 1 Antílope Nilgo.

Infraestructura en el municipio de Ecatepec:

- PARQUE ECOLÓGICO EHECATL (JARDÍN BOTÁNICO). El parque cuenta con aulas para talleres, una sala de exposiciones, platabandas, un área demostrativa, sanitarios, bodega y oficinas.

Infraestructura en el municipio de Tlalnepantla:

- CENTRO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL SIERRA DE GUADALUPE. Este centro cuenta con un jardín botánico, una sala de exposiciones, aulas de talleres, un módulo de especies, sistema meteorológico, un laboratorio de monitoreo ambiental equipado con equipo de termómetro, barómetro y anemómetro, un módulo ecoturístico con palapas y juegos infantiles.

Infraestructura en el municipio de Tultitlan:

- UNIDADES PARA LA CONSERVACIÓN, MANEJO Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA VIDA SILVESTRE (UMA). Este municipio cuenta con 3 exhibidores UMA con 11 Venados Cola Blanca, 11 Bisontes Americano, 33 Pécarí de Collar y 4 Antílopes Nilgo.



Imagen 75. Centro Ecoturístico y de Educación Ambiental Sierra de Guadalupe. 2014. Coacalco, Edo. De México. Recuperado de: <https://continuamosmx.blogspot.com/2014/01/eruviel-y-pablo-basanez-instalaran.html>

CIUDAD DE MÉXICO

Infraestructura en la Ciudad de México:

- 2 torres para la vigilancia de incendios forestales (parajes “Zacatenco” y “Joya de Nieves”).
- 2 casetas (En el paraje Calle del Árbol y en el paraje La Mora).
- 2 torres para la vigilancia de incendios forestales ubicadas en los parajes “Zacatenco” y “Joya de Nieves”.
- 1 Centro de Educación Ambiental denominado Joya de Nieves.
- 1 área recreativa: en el cerro Vicente Guerrero
- 1 Centro de visitantes: paraje Joya de Nieves.
- Muro de contención.
- Oficinas.

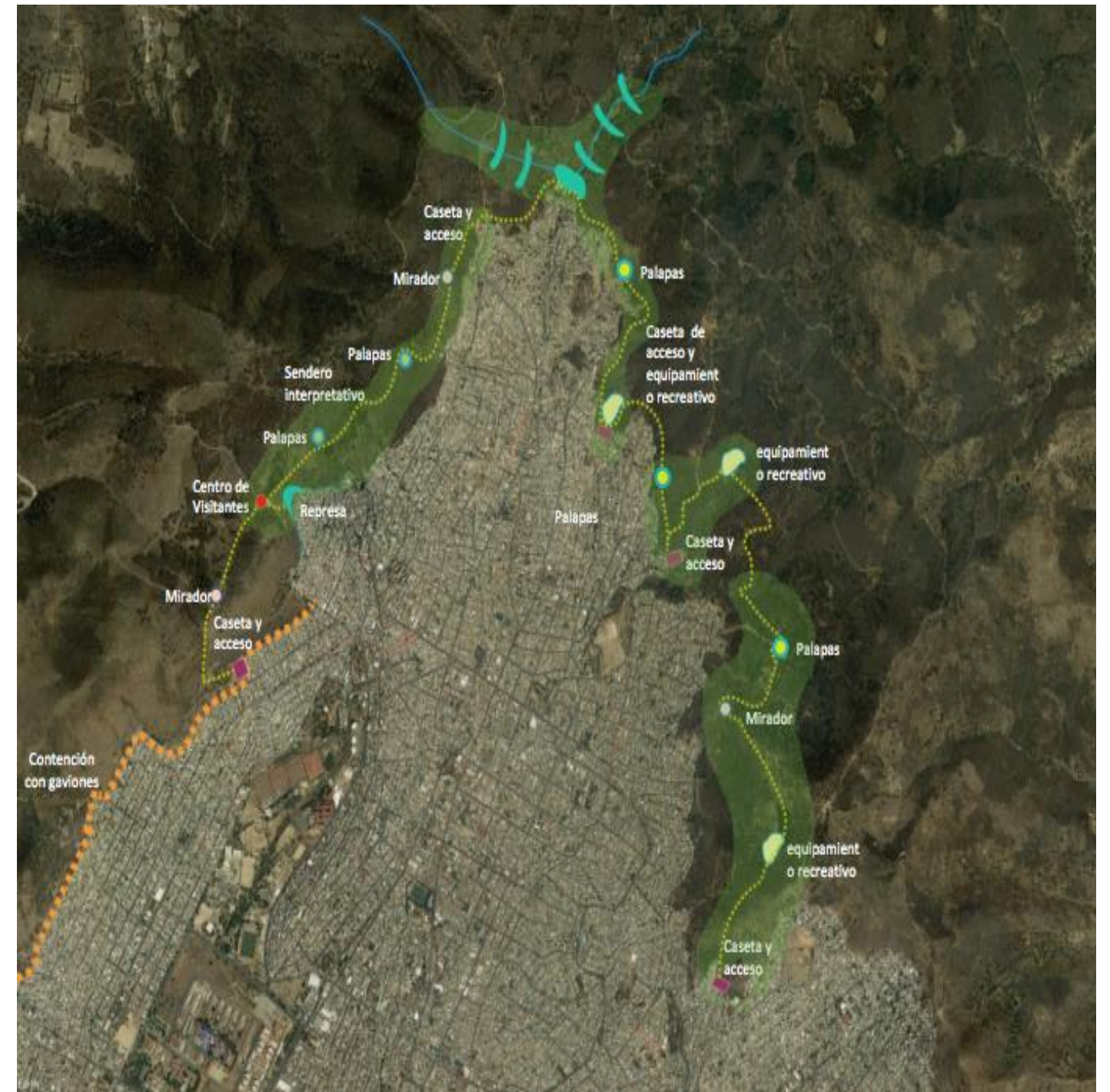


Imagen 76. Proyecto de mejoramiento ambiental en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, CDMX. 2019. Recuperado de: <https://mxcity.mx/2019/02/las-cuatro-areas-verdes-que-pronto-seran-renovadas-para-los-ciudadanos/>

3.2.2.2. Usos de suelo

Estado de México. La tenencia de la tierra en la Sierra de Guadalupe está distribuida en tierra ejidal, comunal, propiedad privada y gubernamental. De esta manera dentro del parque existen 14 ejidos, un bien comunal, aproximadamente 27 propiedades privadas y algunas propiedades estatales.

Ciudad de México. En la Ciudad de México los usos de suelos identificados son el agrícola, el suelo de conservación como preservación ecológica (no urbanizable) y el suelo urbano. También se tienen pastizales inducidos y plantaciones de bosque inducido con especies exóticas como el eucalipto, el pirul y el pino.

El uso de suelo forestal cambio por agrícola y urbano y la diversidad biológica de la zona se observa cada vez más degradada debido al sobrepastoreo y la cacería furtiva aunado a los incendios que se originan cada año. (Gaceta Oficial De La Ciudad De México, 2016).

Área Natural Protegida. En la Ciudad de México la Sierra de Guadalupe se encuentra como “Zona Sujeta a Conservación Ecológica” a cargo de la SEDEMA abarcando una superficie de 633.68 ha (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2002).

El uso de suelo en esta zona está dividido en: 6.55% de asentamientos humanos irregulares (habitacional); 0.80% de equipamiento con 5.46 ha; 92.65% de Suelo de Conservación con 633.95 ha del total de su superficie (Gaceta Oficial De La Ciudad De México, 2016). Como lo muestran los datos a pesar de ser una “Zona Sujeta a Conservación” no se han podido frenar el incremento de los asentamientos irregulares que dañan la calidad ambiental de la Sierra.

3.2.2.3. Instrumentos legales

La Sierra de Guadalupe cuenta con una serie de decretos gubernamentales, programas, publicaciones y declaratorias cuyo objetivo ha sido poder lograr la conservación y preservación del sitio. A continuación, se presentan en orden cronológico las declaratorias oficiales que se han establecido para dichos objetivos.

1923: el 31 de mayo la Sierra de Guadalupe es declarada como Zona de Protección Federal.

1937: el 18 de febrero es declarado Parque Nacional durante el gobierno del presidente Lázaro Cárdenas.

1976: el 10 de agosto se establece el “DECRETO DE CREACIÓN DEL PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE” con una superficie de 6,322.50 hectáreas. El objetivo principal de la declaratoria fue crear espacios para la reforestación y mejoramiento del ambiente, control de escurrimientos pluviales, prevención de inundaciones y erosiones del suelo además de zonas de recreación y prevención de asentamientos irregulares (Gobierno del Estado de México, 2015).

1978: el 4 de abril se crea un segundo decreto ampliando el área del Parque Estatal con 1,003.8 ha. En la práctica no resulto viable ya que el área de ampliación no cumplió con las características para ser considerada área de conservación además de que surgió un incremento en los asentamientos irregulares (Gobierno del Estado de México, 2015).

1990: el 29 de mayo se publicó en el Diario Oficial de la Federación la “Declaratoria por la que se declara de utilidad pública y se establece como Zona Prioritaria de Preservación y Conservación del Equilibrio Ecológico y se declara como Área Natural Protegida, bajo la categoría de Manejo de Zona Sujeta a Conservación Ecológica.

2002: el 20 de agosto se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el Decreto por el cual se modifica el polígono del Área Natural Protegida, con carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, la región denominada “Sierra de Guadalupe” ubicada en la Delegación del Distrito Federal en Gustavo A. Madero, con una superficie total de 6,336,800 hectáreas.

2003: el 2 de diciembre se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el Acuerdo por el que se aprueba el Programa de Manejo del Área Natural Protegida con la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica denominada “Sierra de Guadalupe”.

2005: el 19 de agosto se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el “Acuerdo por el que se establece el Sistema Local de Áreas Naturales Protegidas”.

2010: el 9 de junio se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el “Acuerdo por el cual se aprueba y expide el Plan Rector de las Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal”.

2013: el 20 de abril se establece el “DECRETO POR EL QUE SE ACTUALIZAN LINDEROS Y COLINDANCIAS DEL PARQUE ESTATAL” teniendo una superficie resultante de 5,293.40 hectáreas.

2016: se establece el aviso por el que se da a conocer el “PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA, CON CATEGORÍA DE ZONA SUJETA A CONSERVACIÓN ECOLÓGICA “SIERRA DE GUADALUPE”.

3.2.3. Organismos involucrados

Para proteger y conservar la Sierra de Guadalupe existe participación gubernamental, ciudadana y organizaciones independientes que se dedican a la creación de actividades y programas que procuran la preservación de sus componentes ecológicos.

Organismos gubernamentales:

- Coordinación General de Conservación Ecológica
- Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México
- SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente)
- UAM (Universidad Autónoma Metropolitana)
- DGBUEA (Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental)
- DGVA (Dirección General de Vigilancia Ambiental)
- DGZVS (Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre)
- SEDUVI (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda)

Organizaciones independientes

En los últimos años han surgido cada vez más grupos y organizaciones cuyo objetivo es concientizar acerca de la importancia de conservación de la Sierra de Guadalupe mediante la participación activa. A continuación, se presentan algunas de estas organizaciones.

- Amigos del parque El Tepeyac y de Tola, A.C.
- Guardianes Del Ehecatl Y Sierra De Guadalupe
- Grupo Ambientalista Sierra De Guadalupe
- Fraternidad Naturista Ecologista de la Sierra de Guadalupe Mahatma Gandhi (FRANATURE)

3.3. DIAGNÓSTICO DEL POLÍGONO DE INTERVENCIÓN PROPUESTO: SENDERO GUADALUPE. PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE, COACALCO.

Objetivo

Conocer la situación actual del “Sendero Guadalupe” para poder desarrollar el caso de aplicación del geotextil en el capítulo subsecuente.

3.3.1. Ubicación

El polígono de intervención propuesto es el “Sendero Guadalupe” que se encuentra dentro del Parque estatal Sierra de Guadalupe al sur del municipio de Coacalco de Berriozábal, Estado de México. Para acceder al sitio se llega a través del acceso "Xolo" ubicado en prolongación Calle 7 S/N en la colonia Ejidal.

Posteriormente se continúa por un circuito principal pavimentado de 8 km planeado para la realización de actividades deportivas y recreativas como caminata, ciclismo, carreras, maratones, festivales caninos entre otros.

Este circuito atraviesa los bosques del parque y se une con otros circuitos y caminos secundarios que conectan a otras partes de la Sierra en otros municipios.

Los caminos secundarios se utilizan principalmente para actividades de senderismo, ciclismo de montaña, motocicleta, campismo o visitas guiadas.

El punto exacto de estudio es el sendero identificado como “Sendero Guadalupe” el cual está ubicado a 2 kilómetros a partir del inicio del circuito principal, tiene una distancia total lineal de 238.68 m y está delimitado a los extremos por dos taludes de suelo expuesto.



Imagen 77. Inicio del Sendero Guadalupe Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Marzo 2020. Fuente: foto tomada por la autora.

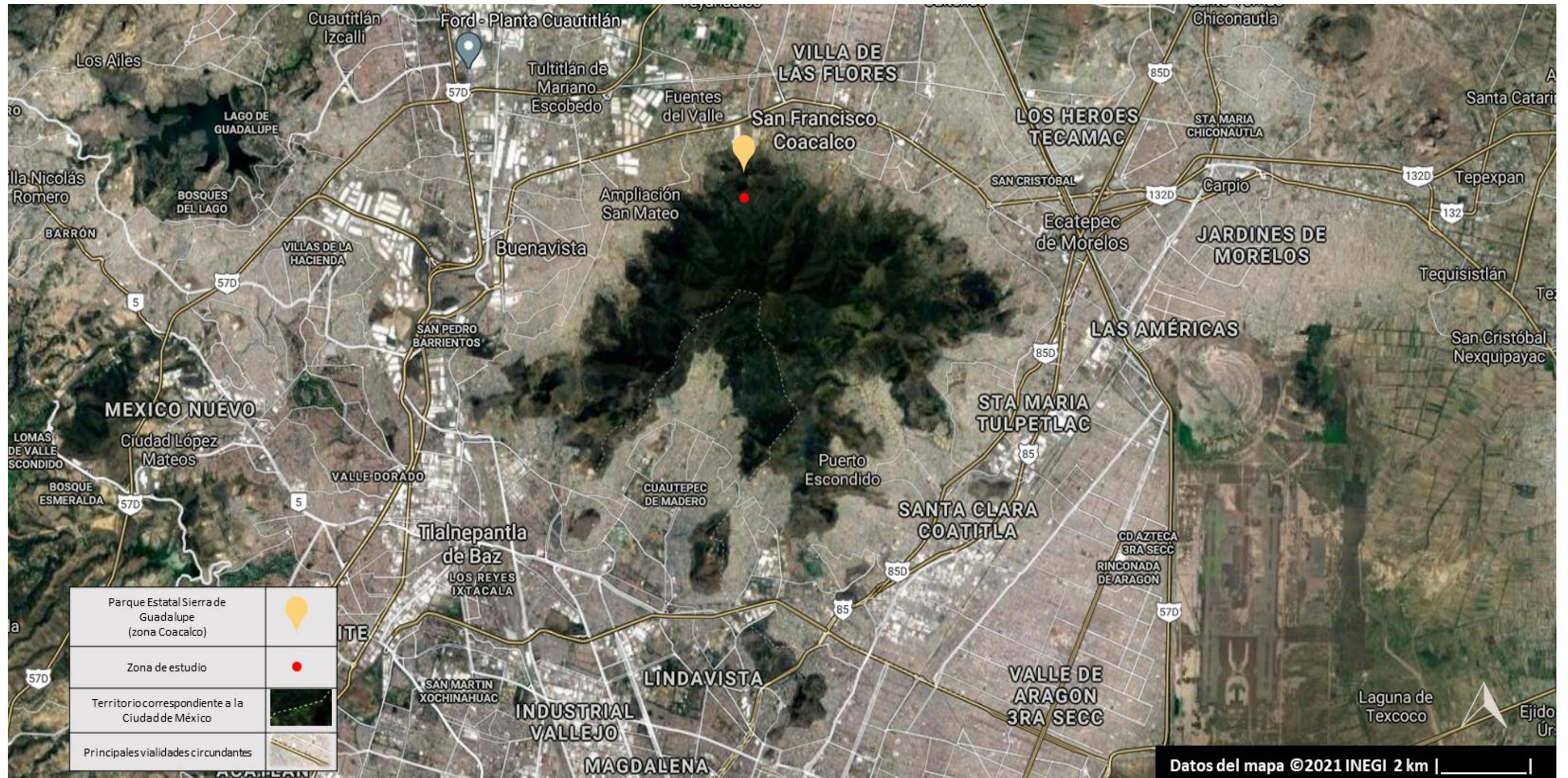


Imagen 78. Google Maps. (2020). Mapa del polígono de intervención. Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Municipio de Coacalco, Edo. de México. Fuente: <https://www.google.com.mx/maps>.

3.3.2. Sitios de interés

El circuito conecta con tres espacios importantes dedicados a las actividades de recreación y el consumo de alimentos.

El primero es el “Parque El Mirador Coacalco” que se encuentra en el acceso "Xolo", cuenta con área de juegos infantiles, jardines, palapas, caminos de adoquín y zonas para ejercitarse.

El segundo espacio son las “Palapas de Santa María Cuauhtepc” ubicadas en el municipio de Tultitlan en el Ejido San Mateo Cuauhtepc. Se encuentran a una distancia aproximada de 1.9 km del acceso "Xolo" en Coacalco y a 450 metros del acceso "Fraile" ubicado en prolongación Agustín de Iturbide S/N, Pueblo Santa María Cuauhtepc en Tultitlán.

Cuenta con palapas, área de juegos infantiles, y servicio de baños, todos ofrecidos bajo costos y horarios establecidos para poder hacer uso de ellos.

Finalmente, el tercer punto de interés es el cerro Ave María al cual se accede mediante caminos secundarios conectados al circuito principal.

En este cerro se encuentra un altar a la Virgen María Auxiliadora y en cuyo lugar se llevan a cabo cultos religioso además de que se puede gozar de una vista panorámica hacia el Estado de México.



Imagen 79. Vista al municipio de Coacalco en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.



Imagen 80. Foto A. Álvarez, J. Foto B Flores, S. Foto C Contreras, J. Adaptado de Google Maps. Sitios de interés en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. (2020). Recuperado de: <https://www.google.com.mx/maps>

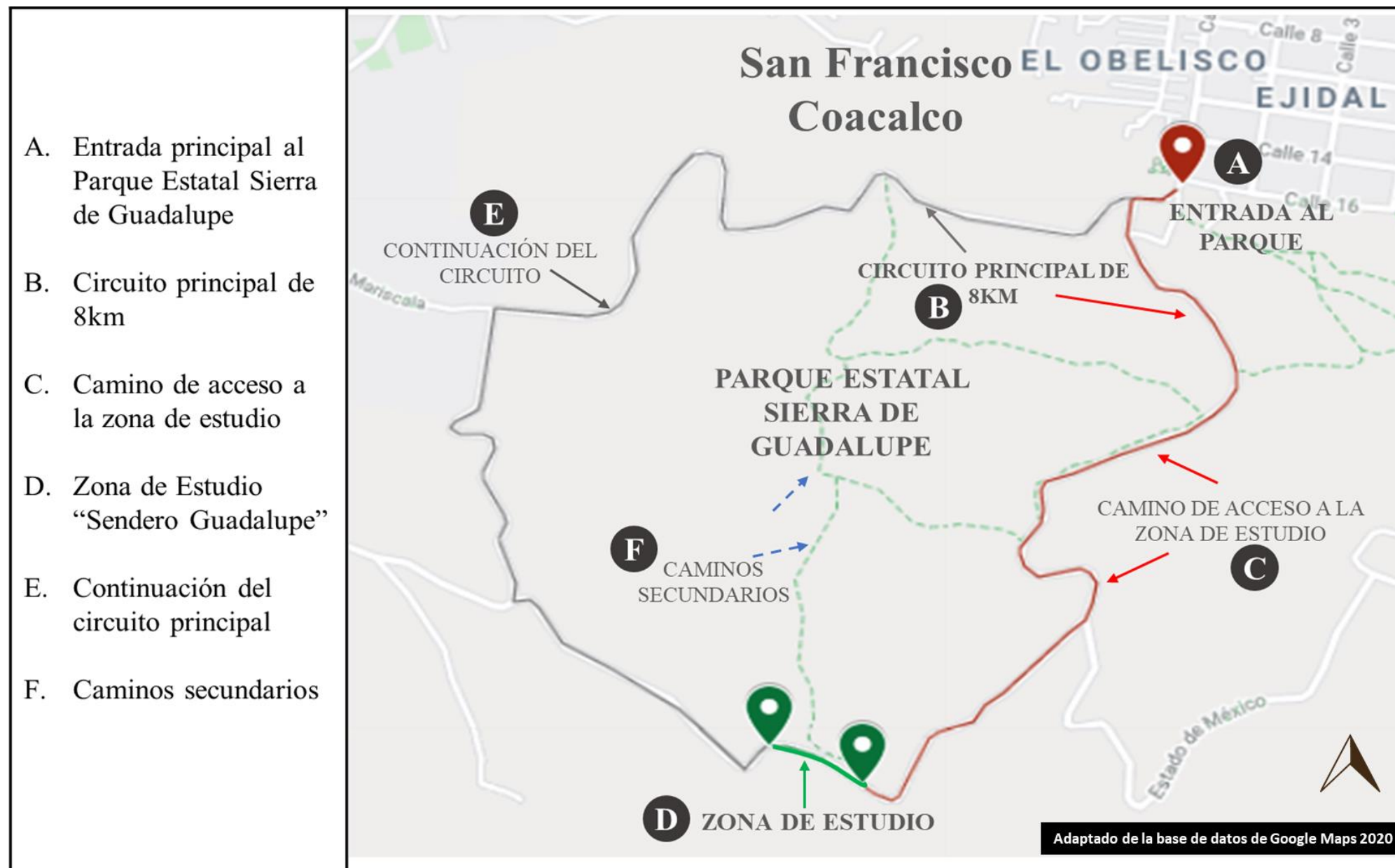


Imagen 81. Google Maps. (2020). Identificación del polígono de intervención, Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: <https://www.google.com.mx/maps>.

3.3.3. Características del paisaje

El “Sendero Guadalupe” se encuentra rodeado por un paisaje rural modificado a lo largo de los años a través de distintas intervenciones.

Muestra de ello es la vegetación exótica que se puede encontrar alrededor compuesta principalmente por bosques de eucaliptos, también cuenta con un circuito pavimentado y con algunos senderos secundarios.

La vegetación que rodea al sendero está compuesta por una mezcla de especies nativas, endémicas y exóticas de las cuales algunas se pueden visualizar en la zona superior circundante entre las cuales se identifican eucaliptos, opuntias, zacates y cedros.

El sendero tiene un diseño sinuoso que crea puntos de interés que incitan al recorrido y con el transcurso del día se llegan a crear juegos de luz y sombra que le brindan cierto carácter.

En época de calor predominan visualmente los colores marrones y cálidos con muy escasa vegetación en las pendientes.

Durante las lluvias los olores en el sendero se diversifican con la aparición de las hierbas de temporada, como las hierbas de San Juan que crecen fuera y alrededor de los bosques de eucaliptos que rodea el camino del sendero.

La sensación acústica que produce el recorrido da un efecto apaciguador del ruido el cual es amortiguado por las pendientes de suelo que rodean el sendero.

3.3.4. Análisis de los Componentes del paisaje

Para el análisis de los componentes básicos del paisaje en el “Sendero Guadalupe” se utilizó la metodología del profesor Félix Alonso propuesta en su libro El barrio de la Banda donde se analizan tres tipos de sistemas:

- Sistema Ecológico
- Sistema Polisensorial
- Sistema Sociocultural



Imagen 82. Texturas de la vegetación. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.



Imagen 83. Paisaje del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Julio 2019. Coacalco Edo. de México. Fuente: foto tomada por la autora.

3.3.4.1. Sistema ecológico

El sistema ecológico está determinado por factores como el clima, el suelo, la topografía, la hidrografía y la vegetación. Estos factores son en gran medida modificados de manera directa o indirecta por la intervención humana.

A continuación, se presenta el análisis del sistema ecológico del polígono de intervención del Sendero Guadalupe basado en la información documental del Parque Estatal Sierra de Guadalupe.

Clima

El clima de la Sierra de Guadalupe con base en el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (1994), es Cb(w0) (w)(i') g, un clima templado, subhúmedo árido con lluvias en el verano.

Las características del clima definen en cierta medida las características de un lugar como el tipo de vegetación y la fauna que habitan en él. Para el análisis de estas características es importante identificar y conocer la situación geográfica del sitio en cuestión.

A) En el Parque Estatal Sierra de Guadalupe la situación geográfica está definida de la siguiente manera:

- Latitud Norte de 19° 29'05" y 19° 37'30"
- Longitud Oeste 99° 02' 30" y 99° 11' 50"
- Altitud de 2240 m a 2950 metros sobre el nivel del mar

B) Debido a la superficie extensa que conforma la Sierra de Guadalupe se presentan variaciones de latitud, longitud y altitud. Estas variaciones indican cambios en el tipo de vegetación, clima y fauna presentes en diferentes zonas de la Sierra. De esta manera de acuerdo con lo planteado por el profesor Félix Alonso (1993) la situación geográfica define y da sentido a los elementos del clima los cuales son:

- Temperatura.
- Precipitación pluvial.
- Humedad.
- Asoleamiento.
- Dirección y velocidad del viento.



Imagen 84. Bosque de Eucalipto. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coahuila. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

Temperatura

En la Sierra de Guadalupe se observa que las temperaturas más bajas se presentan de septiembre a abril siendo enero el mes más frío con una media de 13.1°C, además de que también es el más seco con 30mm.

La temporada templada se registra de marzo a junio con una temperatura máxima promedio de 25°C siendo junio el mes más húmedo con 152 mm.

Por otro lado, los días más calurosos se presentan en mayo con una temperatura máxima promedio de 26 °C y una temperatura mínima promedio de 12 °C.

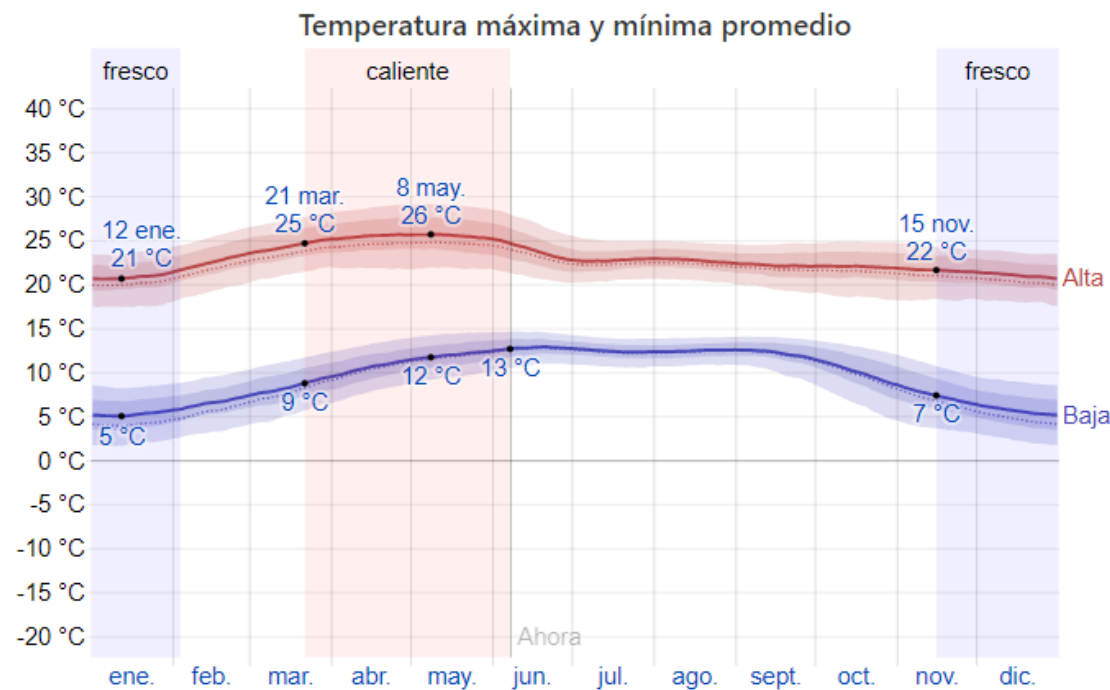


Imagen 85. Gráfica de la temperatura en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/>.

Precipitación pluvial

La precipitación pluvial se mide en milímetros y se tiene que un día mojado muestra por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido.

La precipitación pluvial en la Sierra de Guadalupe varía a lo largo del año. De esta manera se observa que el promedio anual de es de 584.7 mm y se distinguen dos temporadas.

- 1) La primera es la temporada más mojada de finales de mayo a octubre con una probabilidad del 41% de que se presenten días mojados. Las probabilidades máximas de un día mojado se observan en julio donde alcanzan un porcentaje del 79%.
- 2) Por otro lado, la temporada más seca se presenta de octubre a mayo. Aquí se observa que diciembre posee las probabilidades menores de precipitaciones pluviales con cifras del 3 % el 7%.

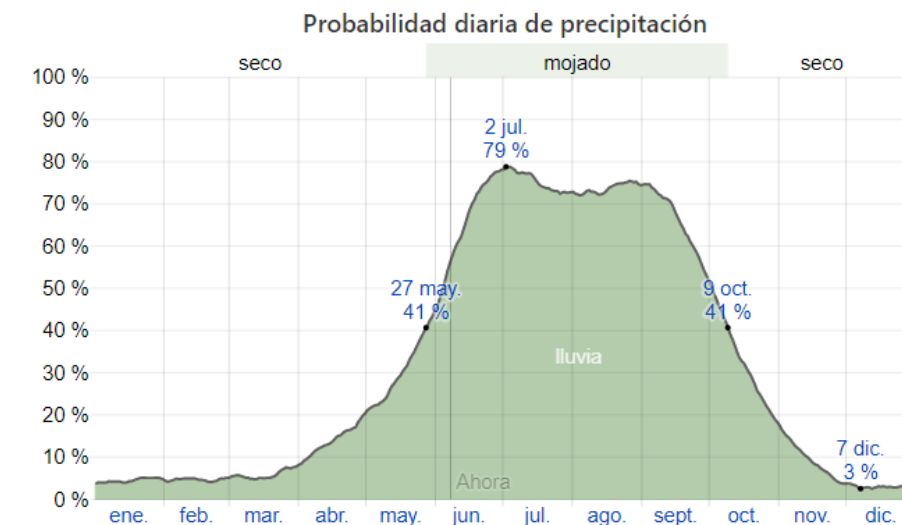


Imagen 86. Gráfica probabilidades de precipitación en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/>.

Lluvia

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM) la lluvia se define como la precipitación de partículas líquidas de agua mayores a 0.5 mm de diámetro y se mide en milímetros de agua al año. Para la formación de la lluvia dependen tres factores: la presión atmosférica, la temperatura y el grado de humedad atmosférica.

Como referencia para delimitar la cantidad de lluvia se tiene que cifras inferiores a 200 milímetros indican la presencia de lluvias escasas mientras que cifras mayores a 2.000 milímetros muestran la presencia de lluvias abundantes.

CANTIDAD DE PRECIPITACIÓN	TIPO DE CLIMA	CANTIDAD DE LLUVIA
Menos de 200 milímetros	Climas áridos extremos (Desiertos)	Pocas
De 200 a 500 milímetros	Climas secos	Escasas
De 500 a 1.000 milímetros	Climas templados (Mediterráneo)	Normales
De 1.000 a 2.000 milímetros	Climas húmedos (Tropicales)	Abundantes
Más de 2.000 milímetros	Algunas zonas monzónicas (Selva tropical monzónica)	Muchas

Tabla 38. Adapto de Clasificación de lluvia y precipitaciones. Recuperado de: <https://estacionmeteorologica.pro/como-se-mide-la-lluvia/>

En la Sierra de Guadalupe la temporada de lluvias se presenta en los meses de abril a noviembre con una cantidad aproximada de 13 milímetros.

La mayor cantidad de precipitaciones se observan en julio con un promedio de 135 milímetros.

En general la incidencia de lluvia en la Sierra de Guadalupe es poca por lo que la vegetación presente en ella está compuesta por especies adaptadas a las temporadas de escasas de lluvia.

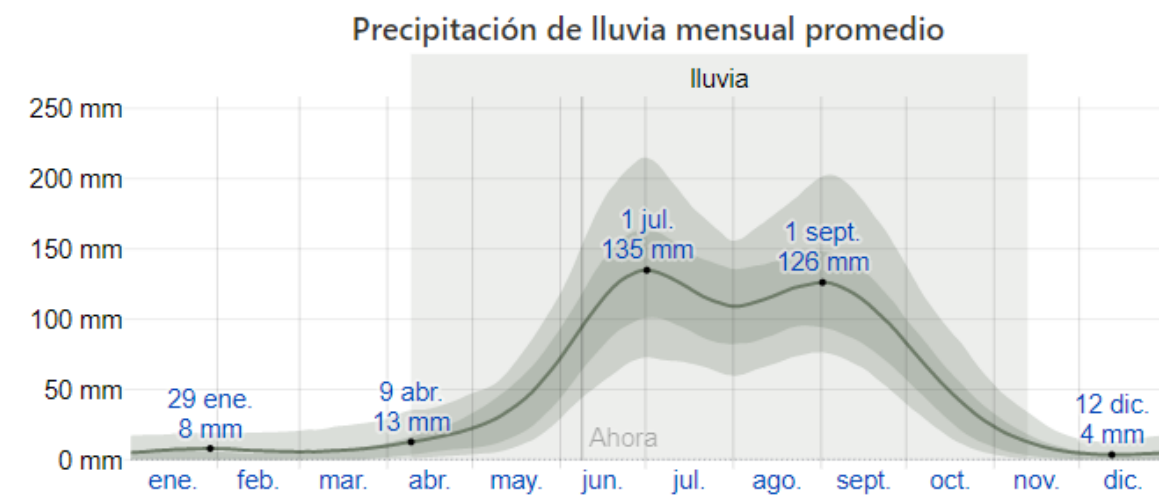


Imagen 87. Gráfica de la precipitación de lluvia mensual en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/>.

Humedad

La humedad se identifica como la cantidad de vapor de agua presente en el ambiente. En la Sierra de Guadalupe la humedad está determinada en variación del clima y la cantidad de precipitaciones pluviales a lo largo del año.

Durante la época de lluvias la humedad tiene variaciones del 57% al 96% mientras que en sus temporadas más cálidas la humedad disminuye considerablemente.

Asoleamiento

La cantidad de asoleamiento y la duración de incidencia del sol en la Sierra de Guadalupe cambia considerablemente a lo largo de su superficie durante las distintas épocas del año. Los días con más asoleamiento se presentan en junio y julio con hasta 13 horas de presencia de sol mientras que los días con menos asoleamientos son en diciembre y enero con 10 horas de incidencia de sol.

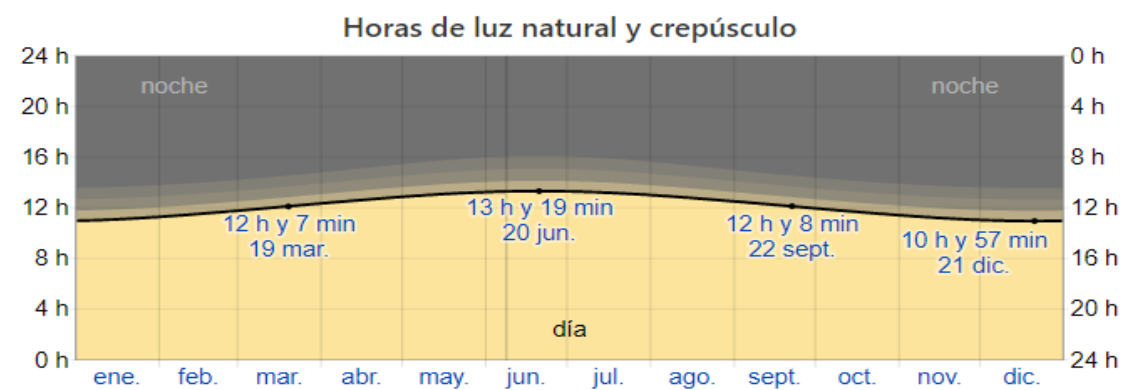


Imagen 88. Gráfica de la cantidad de luz solar en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Cantidad de horas durante las cuales el sol esta visible (Línea negra). Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/>.

Dirección y velocidad del viento

En la Sierra de Guadalupe los vientos más fuertes se observan en los meses de enero y abril con una velocidad promedio de más de 7.9 k/h. En contraparte los meses con menos actividad ventosa se presentan en los meses de finales de abril hasta finales de año con velocidades de hasta 6.9 k/h.

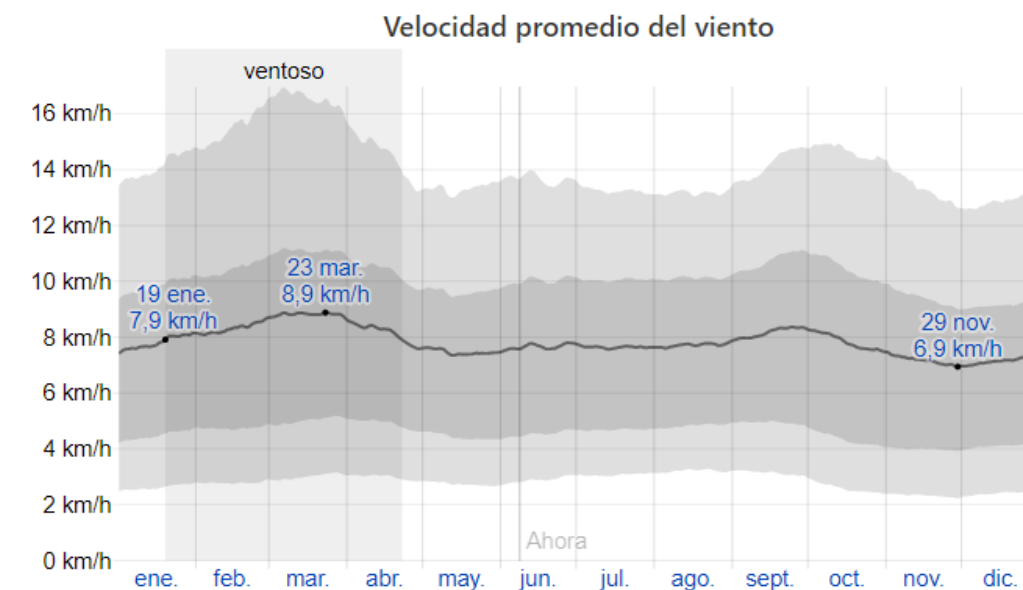


Imagen 89. Gráfica velocidad del viento en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro). Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/>.

Suelos

Los suelos presentes en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe son especialmente delgados, entre los principales se encuentran los Leptosoles, regosoles y Feozem.

La ubicación de cada uno de ellos depende de la zona y la topografía del lugar. Además, tienen una influencia directa en el tipo de vegetación que se desarrolla.

Los suelos Leptosoles, también conocidos como Litosoles o Redzinas, se caracterizan por ser muy delgados y pedregosos asociados a todo tipo de climas, ya sean secos, húmedos o templados). Estos suelos son comunes en zonas montañosas, con una orografía compleja y en planicies calizas superficiales.

Los suelos regosoles son suelos jóvenes con una baja cantidad de materia orgánica. Están asociados con los afloramientos de roca y tepetate y son de color claro.

Por otro lado, los suelos Feozem se distinguen por ser fértiles, ricos en materia orgánica y profundos. Se encuentran en climas templados y húmedo y son propensos a la erosión.



Imagen 90. Suelo expuesto con indicios de erosión. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

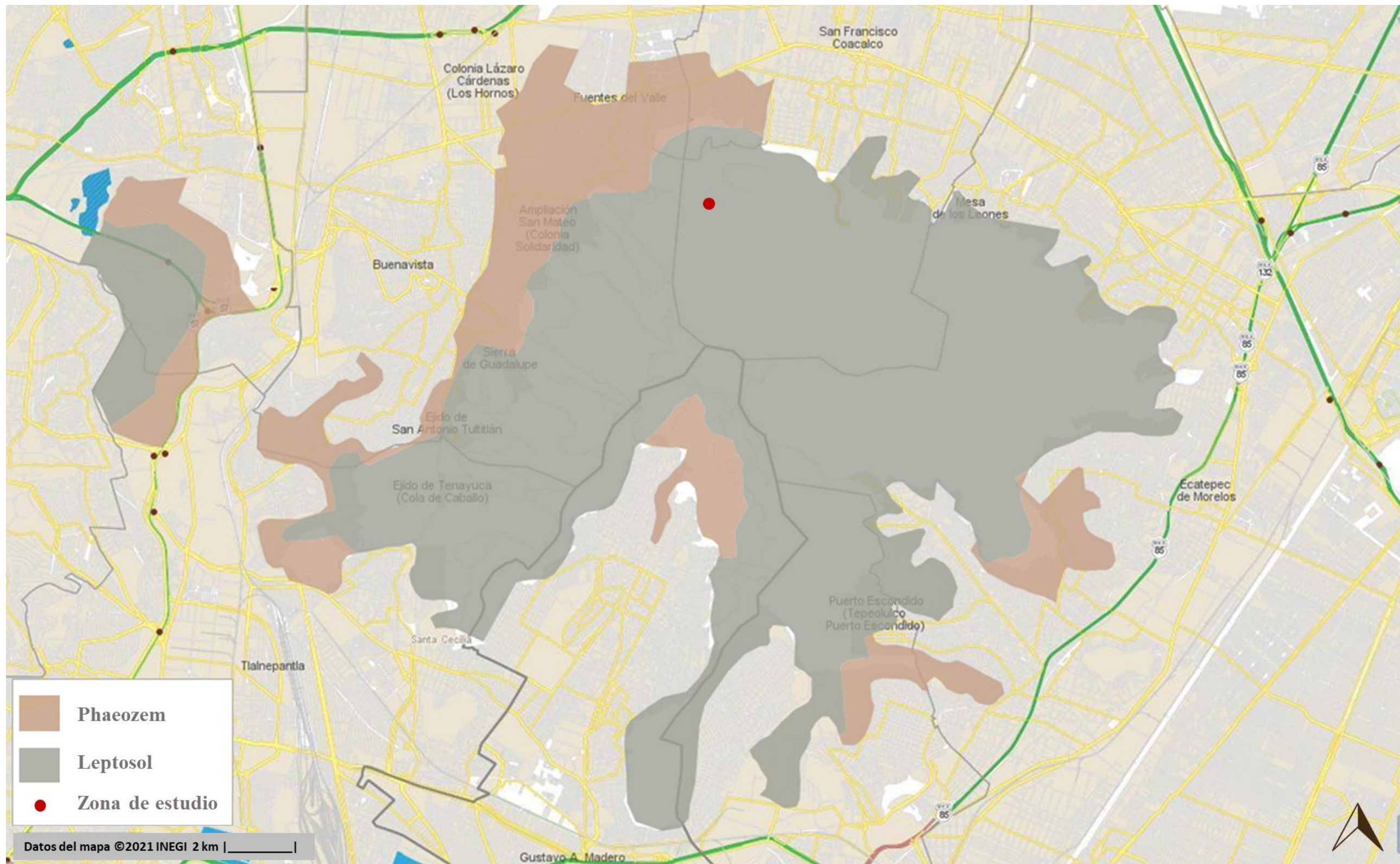


Imagen 91. INEGI. Tipos de suelos presentes en la Sierra de Guadalupe. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/>.

3.3.4.2. Sistema polisensorial

Imagen urbana

El Parque Estatal Sierra de Guadalupe representa un espacio de recreación y contacto con la naturaleza para los habitantes de los municipios que conforma. Es un paisaje en resistencia que sobrevive a la mancha urbana que rodea todo su perímetro.

La topografía, su vegetación, la fauna y los paisajes que alberga representan elementos valiosos que incitan a recorrer las diferentes zonas de la Sierra.

La recreación, el deporte, el contacto con la naturaleza, las pesquisas científicas, artísticas e históricas, los centros de convivencia social, entre muchos otros, son solo algunas de las actividades que se pueden desarrollar dentro del Parque Estatal Sierra de Guadalupe.

Sendas. El Parque Estatal Sierra de Guadalupe Coacalco cuenta con caminos, senderos y accesos secundarios que ayudan a recorrer los diversos escenarios y espacios que alberga.

El camino principal es un circuito de aproximadamente 8 kilómetros que recorre una amplia extensión de la Sierra conectando a su vez con otros caminos que llegan a municipios como Ecatepec y Tultitlan.

Entre las sendas se distingue el Sendero Guadalupe, ubicado en un punto casi medio del circuito principal y que brinda un punto de referencia dentro del Parque.

Nodos. Los puntos más concurridos se encuentran al inicio del circuito principal abarcando los primeros metros del camino Fraile Mariscal. Este punto sirve como zona de descanso e interacción donde convergen deportistas, familias y asistentes en general. Funge como un sitio de preparación deportiva, contemplación y comercio ocasional regulado. Al ser un circuito muy extenso y no haber puntos de interés ocasionales a lo largo del recorrido no se identificaron más puntos de convergencia.



Imagen 92. Caminos secundarios. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

Bordes. Como se ha mencionado anteriormente El Parque Estatal Sierra de Guadalupe tiene una superficie muy extensa abarcando 6 municipios del Estado de México y 1 delegación de la Ciudad de México con relieves que aparecen y desaparecen. Los bordes del Parque se han ido transformando a lo largo del tiempo con el crecimiento de la mancha urbana siendo cada vez menos visibles y más reducido el área total que abarca. Para la delimitación del Sendero de Guadalupe se puede identificar claramente los elementos lineales que delimitan el polígono de intervención. Por un lado, está el circuito principal que recorre una extensión de la Sierra, y por otro esta las pendientes que delimitan el sendero de estudio.

Puntos de referencia. El Parque Estatal Sierra de Guadalupe Coacalco cuenta con puntos de referencias identificables entre el paisaje que lo rodea. Estos puntos sirven como referencia a los usuarios para saber a qué distancia se encuentran y para no desviar su camino hacia otras vías secundarias que conducen a zonas más profundas del parque o a otros municipios.

El Sendero Guadalupe es precisamente uno de los puntos de referencia dentro del circuito principal, se distingue por su ubicación en un punto casi medio dentro del circuito principal y sirve como referencia durante el recorrido.

Otros puntos de referencia son las palapas de Santa María Cuauhtepac, el cerro Ave María, el parque El Mirador Coacalco y un pequeño mirador que se ubica a 1 kilómetro de la entrada principal Xolo del circuito el cual brinda una vista hacia el municipio de Coacalco.

Aspecto sensible

El Parque Estatal Sierra de Guadalupe Coacalco es un paisaje rural que brinda una riqueza sensorial. El recorrido del circuito principal es un recorrido de estímulos sensoriales.

Sonido. El ruido urbano se aísla completamente con la densa vegetación que lo rodea. Los sonidos percibidos son el viento que recorre la copa de árboles y atraviesa las zonas abiertas del camino, hay zonas donde el sonido está casi ausente brindando una sensación de calma y tranquilidad, en algunos puntos la fauna se hace presente con el canto de algunas aves.

Olor. Los olores de la Sierra se diversifican a lo largo del año siendo la temporada más fuerte después del inicio de las lluvias con la presencia de flores de azahar y el olor de las hierbas, como los jacintos que crecen a lo largo del circuito.

Textura. Al tratarse de un paisaje rural la textura percibida está diversificada por plantas y árboles con hojas finas como los pinos y hierbas de temporal y otros con texturas más gruesas como los Quercus y opuntias. El tamaño también es diverso, desde las pequeñas hierbas que crecen intermitentemente, pasando por algunos cubresuelos y arbustos hasta árboles que van desde los más bajos como las acacias hasta los ejemplares con más de 3 metros de altura.



Imagen 93. Flores aromáticas. *Bouvardia longiflora* (Flor de San Juan). Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

3.3.4.3. Sistema sociocultural

Estructura urbana

La estructura urbana del polígono de intervención “Sendero Guadalupe” permite el desarrollo de actividades dentro del Parque.

Se puede observar una infraestructura básica dentro del Parque en contraste con la zona urbana circundante en todo su perímetro, tanto en la Ciudad de México como en el Estado de México, la cual se caracteriza por una red compleja de vialidades, comercios, fabricas, escuelas, transporte y habitantes.

Infraestructura técnica. El Parque estatal Sierra de Guadalupe Coacalco contiene un conjunto de características que han limitado el desarrollo de infraestructura técnica dentro de él.

El primero es que, al tratarse de un paisaje rural, el único en la zona, y al ser considerado como una zona sujeta a conservación, la incorporación o modificación de cualquier elemento o infraestructura técnica está regulado por los organismos pertinentes tanto en la Ciudad de México como en el Estado de México.

El segundo inconveniente es que al ser un espacio donde el tiempo de uso es limitado no requiere demasiadas modificaciones en comparación con otros espacios públicos.

La construcción de una red de agua potable o un sistema de drenaje implicaría la remoción de vegetación y suelo considerados como elementos de conservación dentro del parque, lo cual sería innecesario ya que no existe una demanda o necesidad por parte de los usuarios de estos servicios cuyo uso no excede más allá de 3 horas por visita.

Poca de la infraestructura que tiene el circuito es el pavimento instalado en todo el recorrido el cual facilita considerablemente el trayecto y permite el desplazamiento de bicicletas, motos y patines.



Imagen 94. Usuarios practicando deportes sobre el circuito del Sendero Guadalupe. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

Aprovechando los relieves de la zona se cuenta con cunetas de desagüe a lo largo del pavimento que evitan el encharcamiento del camino, canalizando el agua y los elementos arrastrados a partes más bajas de la Sierra.

Debido a que el Parque no cuenta con infraestructura tangible para restringir el acceso, solamente el uso de una cadena que atraviesa parcialmente la entrada principal, las recomendaciones que se hacen a los usuarios es evitar las visitas en horarios nocturnos por cuestiones de seguridad.

No cuenta con alumbrado público de ningún tipo tanto en el circuito principal como en vías secundarias por lo que el acceso nocturno se vuelve riesgoso.



Imagen 95. Cunetas de desagüe pluvial en el circuito principal Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

Vialidad y transporte

Nivel Ciudad. El sistema vial que rodea El Parque Estatal Sierra de Guadalupe en el municipio de Coacalco es muy basto. El crecimiento y la ampliación que han tenido las vialidades circundantes han sido proporcionales al crecimiento de la población en el municipio.

Vialidades principales: desde su construcción en 1980, en el sexenio del presidente José López Portillo, la “Vía José López Portillo” ha tenido una importante influencia para el desarrollo urbano y la comunicación dentro del municipio. Actualmente esta vía abarca los municipios de Cuautitlán Izcalli, Tultitlán, Coacalco y Ecatepec siendo la principal vía de acceso para el traslado diario de muchas personas.

De esta forma, ubicada a solo unos kilómetros del Parque la Vía José López Portillo es un importante punto de acceso que conecta con las principales entradas al parque facilitando la visita de locatarios y foráneos.

Vialidades secundarias: cercanas al acceso “Xolo” del parque se encuentran avenidas cuya extensión es limitada, algunas de ellas desembocan directo a la Vía José López Portillo. Dentro de estas vialidades secundarias se pueden identificar la Av. 16 de septiembre, la Av. Mariscal y la Av. Real del Bosque.

En cuanto al sistema de calles es muy extenso, muchas de ellas ubicadas en accesos principales al parque como la Calle 7 y la Calle 16 del acceso “Xolo”.

Transporte: el sistema de transporte está compuesto por diferentes servicios de taxi, vehículos particulares, motocicletas y rutas públicas como combis locales y foráneas que atraviesan de manera parcial la Vía López.

En la misma vía también se cuenta con la Línea 2 del Mexibús que conecta de manera más rápida y eficiente el municipio de Ecatepec, Coacalco y Tultitlan.

Antes de la construcción de la línea 2 del Mexibús en el 2006, el transporte público incluía rutas con amplias flotillas de microbuses y algunos peceros las cuales desaparecieron con la construcción de esta línea.



Imagen 96. Vía José López Portillo, Coacalco. Agosto 2018. Fuente: <https://www.reforma.com>

Nivel barrio. Las vialidades dentro del Parque Estatal Sierra de Guadalupe en el municipio de Coacalco son limitadas. El circuito principal tiene una extensión de aproximadamente 8 kilómetros con un recorrido sinuoso.

Los archivos y la información consultada no manifiestan nombres oficiales para estos caminos, únicamente se tiene identificada la información proporcionada a través de la consulta digital siendo el principal medio Google Maps.

De esta manera se identifica que desde el acceso principal Xolo hasta las Palapas de Santa María Cuautepec el circuito principal es nombrado como “Fraile Mariscal”.

El resto del circuito, de acuerdo con esta información, es nombrado como “Salamanca”. También se tiene identificado el “Sendero Guadalupe” en el punto casi medio del circuito.

Las vías secundarias son caminos hechos a pie del visitante, no están nivelados ni señalados y no cuentan con ningún tipo de pavimentación. Respecto a estos no se localizó información oficial o nombres locales por los cuales fueran identificados.

La principal característica de estos caminos es que sirven como accesos al Mirador Ave María Auxiliadora además de ser muy frecuentados para actividades deportivas como el senderismo, la bici de montaña y el motocross.



Imagen 97. Circuito principal del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

Infraestructura social

Nivel Ciudad.

Salud: la población circundante al Parque Estatal Sierra de Guadalupe Coacalco cuenta con servicios de salud públicos y particulares establecidos en diferentes puntos del municipio, se identifican clínicas, hospitales, consultorios, servicios de urgencias y laboratorios de estudios médicos.

Administración pública: los servicios de administración pública están concentrados en diferentes puntos del municipio los cuales incluyen oficinas de tesorería, pago de servicios, trámites vehiculares, atención Ciudadana, seguridad y administración de servicios públicos.

El Palacio Municipal de Coacalco alberga algunas estancias y organismos como el DIF Coacalco (Desarrollo Integral de la Familia), SAPASAC (Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento), IMCUFIDEC (Instituto Municipal de Cultura Física y Deporte de Coacalco), IDDM (Instituto Municipal para la Defensa de los Derechos de la Mujer) y el IMJUVE (Instituto Municipal De La Juventud Coacalco).

Comunicación: los servicios de comunicación establecidos en el municipio son de carácter público y particular. Cuenta con dos oficinas públicas de Correos de México que ofrecen servicios de correo y paquetería y una oficina de telégrafos.

También cuenta con servicios de paquetería particulares para enviar y recibir paquetes dentro y fuera del país como DHL, Estafeta y FedEx. Existen redes públicas abiertas de WIFI y redes de servicio de línea telefónica.

Comercio: en todo el municipio se observan diferentes comercios y establecimientos siendo las zonas más activas la Vía López Portillo, zona centro y Villa de las flores. Las plazas y centros comerciales han tenido un papel muy importante en el desarrollo comercial del municipio.

Religión: en el municipio existe diversidad religiosa con una gran cantidad de templos, iglesias, capillas y lugares de culto. En mayor porcentaje está presente la religión católica seguida por protestantes y evangélicos y en menor cantidad otro tipo de religiones.

Educación: los servicios de educación están diversificados en todo el municipio con escuelas de carácter público y privado. Se tienen centros de estimulación temprana, kínderes, primarias, secundarias, preparatorias y universidades.

Recreación y deporte: el municipio cuenta con espacios dedicados al desarrollo de actividades deportivas como parques, gimnasios, deportivos, albercas olímpicas, canchas de futbol rápido, escuelas de artes marciales; baile; box; futbol soccer y defensa personal, y la Sierra de Guadalupe como la única zona natural para actividades al aire libre como bici de montaña, senderismo, caminata, rapel, motocross y carrera deportiva.



Imagen 98. Plaza Comercial Cosmopol, Coacalco, Edo de México. 2015. Fuente: <https://www.migdal.com.mx/proyectos/cosmopol/>

Nivel barrio

Salud: en el acceso "Xolo" no existe señalización sobre servicios de emergencia y primeros auxilios. En el acceso "Parque" ubicado en la colonia Parque Residencial del municipio hay servicio de enfermería únicamente dentro del Centro Ecoturístico y de Educación Ambiental Sierra de Guadalupe.

Comunicación: no existen servicio de redes de Wifi abiertas, cobertura amplia de telefonía ni acceso a teléfonos de emergencia dentro del parque.

Comercio: el comercio dentro del parque es intermitente y previamente regulado. Se establece únicamente durante eventos deportivos, maratones, encuentros caninos y otros eventos.

Por otro lado, afuera del acceso principal "Xolo" prolifera considerablemente el número de puestos de comida, artículos para deportes, bebidas y algunos souvenirs para mascotas.

Religión: aunque no hay ningún registro oficial de alguna religión predominante en el parque existe una evidente inclinación hacia los cultos católicos, comenzando con el mismo nombre de la Sierra de Guadalupe en honor a la Virgen de Guadalupe hasta los nombres establecidos a los cerros por vecinos y lugareños como los altares católicos en el Cerro Ave María siendo este cerro un espacio icónico para los visitantes y las fiestas patronales.

Educación: en el Centro Ecoturístico y de Educación Ambiental Sierra de Guadalupe se imparten cursos y talleres a los visitantes tanto adultos como niños además de ofrecer conferencias eventualmente.

Recreación y deporte: las principales actividades deportivas realizadas dentro del parque es la caminata, la bici de montaña, el senderismo, el rapel, las carreras deportivas y el motocross.



Imagen 99. Carrera deportiva. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Julio 2019. Fuente: foto tomada por la autora.

**PROPUESTA DE DISEÑO. INSTALACIÓN DE UN MURO VERDE NATURAL CON GEOTEXTILES EN EL
SENDERO GUADALUPE.**

(PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE. COACALCO, EDO DE MÉXICO)

3.4. PROPUESTA DE DISEÑO. INSTALACIÓN DE UN MURO VERDE NATURAL CON GEOTEXILES EN EL SENDERO GUADALUPE. PARQUE ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE, COACALCO.

La metodología usada para el desarrollo de la propuesta proyectual está basada en las fases para el proceso de diseño del libro “Contra un Diseño dependiente” de la colección CyAD, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Estas fases incluyen cinco etapas de diseño que son el Caso, el Problema, la Hipótesis, el Proyecto y la Realización. De acuerdo con los alcances de este proyecto, únicamente se incluirán las primeras cuatro debido a las limitaciones tiempo que supondría la ejecución de la quinta etapa.

JUSTIFICACIÓN

El polígono de intervención propuesto es el Sendero Guadalupe ubicado dentro del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Esta zona resulta de particular interés ya que representa un punto importante dentro del parque, siendo un sitio de referencia para los visitantes.

En términos ambientales, el paisaje actual del sendero se encuentra en degradación avanzada debido a las pendientes de suelo expuestas que se han erosionado por falta de una cobertura vegetal.

Todas estas características hacen del sendero un sitio ideal para su rehabilitación mediante la incorporación de un muro verde natural con la aplicación de un geotextil.

La instalación de este muro verde con geotextiles ayudará a contener los problemas de erosión de las pendientes, creando un soporte que permita evitar la pérdida de suelo y ayude a la recuperación de la vegetación.

Visualmente este jardín proporcionará un mejoramiento sensorial del paisaje haciendo del recorrido un lugar de deleite para el usuario.



Imagen 100. Propuesta de muro verde natural en el Sendero Guadalupe. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Fuente: foto tomada y adaptada por la autora.

3.4.1. El caso

El caso de estudio se presenta en el “Sendero Guadalupe” ubicado a 2 kilómetros del inicio de la entrada al Parque Estatal Sierra de Guadalupe en el acceso "Xolo" en prolongación Calle 7 S/N en la colonia Ejidal, Coacalco de Berriozábal, Estado de México.

En cuanto a la dinámica ambiental, el sendero se encuentra rodeado por vegetación mixta, incluyendo especies nativas como acacias, bejucos, opuntias, encinos, huizaches, mezquites, pinos, cedros, tejocotes, y exóticas como el eucalipto.

La infraestructura del sendero está compuesta por un camino pavimentado con cunetas de desagüe y algunos señalamientos. El mobiliario es escaso, no hay bancas para descanso, carece de luminarias y de contenedores de basura.

El diseño del sendero se caracteriza por estar delimitado por pendientes de suelo expuesto con ausencia de vegetación y cubierta vegetal.

Esta situación ha complicado considerablemente la calidad del suelo siendo susceptible a los efectos erosivos hasta el punto de encontrar cárcavas en casi la totalidad del recorrido.



Imagen 101. Bosque de Eucalipto sobre las pendientes del Sendero Guadalupe. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco. Marzo 2020. Fuente: foto tomada por la autora.

PERSPECTIVAS DEL SENDERO DEL POLÍGONO DE INTERVENCIÓN



Imagen 102. Google Maps. Perspectivas del Sendero Guadalupe. Recuperado de: <https://www.google.com.mx/maps>

Para estas perspectivas el punto de observación se ubica desde la entrada al sendero con vistas hacia la profundidad del camino en la parte oeste.

PERSPECTIVAS DEL SENDERO DE LA POLÍGONO DE INTERVENCIÓN



Imagen 103. Google Maps. Perspectivas del Sendero Guadalupe. Recuperado de: <https://www.google.com.mx/>

Para estas perspectivas el punto de observación se ubica desde la parte casi media del sendero (a casi 200 metros de camino) con vistas hacia la parte final del recorrido.

3.4.2. El problema

El análisis del problema se fundamentó en las observaciones planteadas en el caso de estudio. De esta manera, se puede identificar que uno de los principales problemas que presenta el sitio es la falta de vegetación y de una cubierta que facilite la preservación del suelo y mejore la calidad del paisaje.

La erosión

La vegetación en el sendero es en cierta forma insuficiente, durante la temporada de lluvias es cuando se observa el crecimiento de algunas hierbas de temporal en las partes bajas de las pendientes.

Sin embargo, es en este mismo periodo cuando las condiciones del suelo se vuelven más vulnerables, pues al no contar con una cubierta vegetal los procesos erosivos del agua provocan el arrastre de las partículas de suelo sedimentando cantidades considerables a través de las cunetas de desagüe.

Además, las pendientes del sendero al ser demasiado pronunciadas facilitan los procesos de erosión del suelo donde se pueden observar cárcavas y señales de efectos erosivos avanzados.

Otro análisis propuesto sugiere que la erosión en las pendientes se debe en gran medida a los bosques de eucalipto que merman las condiciones del suelo (L. Sandoval, comunicación personal, 2020).

La vegetación

Como consecuencia de los procesos erosivos descritos anteriormente la vegetación carece de una estructura sólida para crecer, reproducirse y establecerse. Con el arrastre de las partículas del suelo las raíces de las plantas quedan expuestas afectando la sobrevivencia de estas.

Además, en las partes altas del sendero predomina considerablemente los bosques de eucaliptos que siguen reproduciendo y expandiendo su población.

Estas características han impedido el crecimiento de vegetación en las pendientes limitándose únicamente al crecimiento de algunas hierbas en las sedimentaciones y partes bajas durante la época de lluvias.



Imagen 104. Vegetación del Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo de México. Fuente: foto tomada por la autora

ZONAS EROSIONADAS EN LA SIERRA DE GUADALUPE



Imagen 105. Zonas erosionadas en el Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo. de México. Fuente: fotos tomadas por la autora.



Imagen 106. Zonas erosionadas cercanas al Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo. de México. Fuente: fotos tomadas por la autora.

El paisaje

El paisaje es predominantemente rural con la adecuación de caminos y algunos señalamientos. La vegetación que lo caracteriza está compuesta de eucaliptos, opuntias, zacates y hierbas de temporal.

El paisaje que alguna vez estuvo definido por bosques de pinos y árboles nativos ahora se limita al predominio de bosques de eucaliptos visibles desde cualquier punto del recorrido.

En la zona circundante al sendero se pueden apreciar vistas panorámicas que dan muestra de la majestuosidad de la naturaleza y el paisaje que aún se conserva en la sierra.

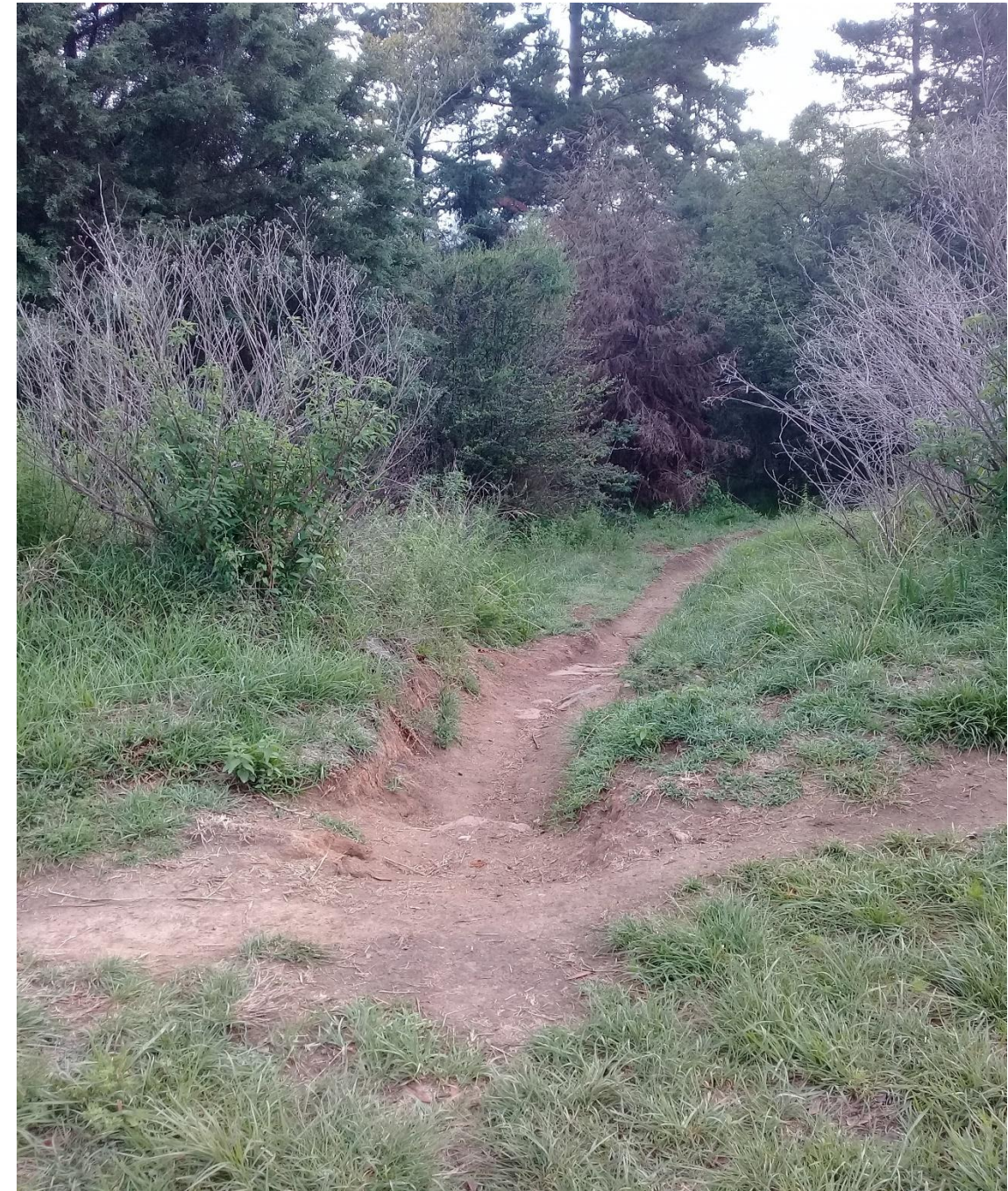


Imagen 107. Caminos secundarios en la entrada del Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo. de México. Fuente: foto tomada por la autora.

3.4.3. La hipótesis

Para la recuperación de la vegetación y el control de la erosión del suelo, la hipótesis propuesta sugiere que la instalación de un muro verde natural mediante el uso de geotextiles en el “Sendero Guadalupe” del Parque Estatal Sierra de Guadalupe es una alternativa viable para:

- El mejoramiento de la calidad del paisaje.
- La recuperación de la vegetación.
- La conservación del suelo.
- La propagación de especies vegetales nativas.
- El control de la erosión del sitio.

De acuerdo a los resultados esperados es importante mencionar las principales características que el uso de geotextiles aporta al suelo y la vegetación:

- Funcionan como un soporte natural que ayuda a las plantas a establecerse de manera más eficiente en las pendientes pronunciadas.
- Mejoran las características mecánicas del suelo.
- Pueden conservar la humedad por más tiempo proporcionando condiciones favorables para el crecimiento de vegetación.
- Protegen al suelo de los efectos erosivos ocasionados por la lluvia o el viento.

3.4.4. La propuesta de diseño. Instalación de un muro verde con geotextiles

La instalación del muro verde natural con geotextiles consiste en la recuperación de la vegetación del paisaje del “Sendero Guadalupe” a través del control de la erosión y la incorporación de plantas nativas de la zona.

La estrategia principal para el alcance de este objetivo es a través de la aplicación de geotextiles que permitan controlar los problemas erosivos y mejorar las propiedades mecánicas del suelo.

Propuestas generales. Las propuestas generales planteadas para el desarrollo de esta etapa son:

- Restauración y mejoramiento de la calidad del paisaje del Sendero Guadalupe
- Recuperación de las especies vegetales nativas de la zona
- Implementación de geotextiles
- Contención de los efectos erosivos
- Mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo
- Plan a largo plazo para la sustitución de las especies de eucaliptos
- Manual de conservación

Desarrollo. La propuesta se desarrolla en cuatro etapas identificadas por los elementos principales que intervienen en el sendero los cuales son:

1. El polígono de intervención.
2. La vegetación nativa.
3. Los geotextiles.

3.4.4.1. El polígono de intervención

Para el proceso de instalación del muro verde natural con los geotextiles, el polígono de intervención se dividió en 3 sectores.

El criterio para esta división consistió en el reconocimiento de que las necesidades del sitio eran diferentes de acuerdo con el punto que se deseaba intervenir, de esta forma se identificaron las problemáticas en cada sector y se crearon propuestas específicas para cada uno.

El primer sector estuvo delimitado desde la entrada del sendero hacia los primeros 103 metros del recorrido. Aquí se identificaron pendientes con problemas erosivos moderados, con ausencia visible de vegetación y algunas cárcavas durante el recorrido.

El segundo sector se reconoce en los 101 metros siguientes del recorrido. Desde el final del primer sector hasta la aparición de una zona pendientes rocallosas. La problemática encontrada aquí fue la aparición de pendientes más pronunciadas con efectos erosivos avanzados, presencia de cárcavas y ausencia de vegetación.

El tercer y último sector se identifica en los 30 metros siguientes. Fue el sector más pequeño identificado por la composición de rocas en sus pendientes en 100% de su totalidad.



Imagen 108. Sendero Guadalupe. Julio 2019. Coacalco, Edo. de México. Fuente: foto tomada por la autora.

3.4.4.2. La vegetación

La vegetación propuesta está basada en un estudio previamente realizado sobre el tipo de vegetación nativa de la Sierra de Guadalupe del cual se seleccionaron algunas hierbas, cubresuelos, arbustos y árboles.

La vegetación está justificada en la selección de especies que pudieran proporcionar características convenientes para los objetivos del proyecto como el control de erosión, el impacto cromático y el mejoramiento del suelo.

En el estudio realizado también se identificó una reforestación previa en la zona del sendero, esta se llevó a cabo con árboles nativos de México usando la especie de *Cupressus lusitánica* (Cedro blanco) sujeta a protección especial y la especie *Pinus greggii* (Pino prieto) considerada como vulnerable.


El uso de vegetación nativa tiene la ventaja de trabajar con especies que presentan una mayor facilidad para adaptarse a las condiciones de temperatura, humedad, luz solar y lluvia presentes en la zona. Además de los beneficios ambientales que suponen su reproducción.


A continuación, se enlistan las especies vegetales propuestas y se ilustra la paleta vegetal para la revegetación del sendero.

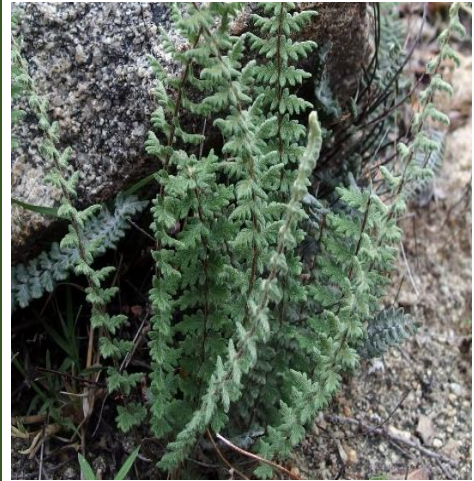
LISTA DE VEGETACIÓN PROPUESTA PARA EL SENDERO GUADALUPE		
Nombre científico	Nombre común	Estatus
<i>Agave applanata</i>	Maguey blanco	Endémica
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	Nativa
<i>Commelina dianthifolia</i>	Casalá	Endémica
<i>Cupressus lusitánica</i>	Cedro blanco	Sujeta a protección especial NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	Nativa
<i>Echeveria mucronata</i>	Conchita	Endémica
<i>Erythrina folkersii</i>	Colorín	Nativa
<i>Euphorbia radians</i>	Colecitas	Nativa
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Tatalencho	Nativa
<i>Lophocereus marginatus</i>	Chilayo	Endémica
<i>Myriopteris aurea</i>	Helecho dorado	Nativa
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Garambullo	Endémica
<i>Pinus greggii</i>	Pino prieto	Nativa (vulnerable)
<i>Salvia microphylla</i>	Mirto chico	Nativa
<i>Sedum moranense</i>	Jaspalache	Endémica
<i>Senna multiglandulosa</i>	Retama	Nativa


Tabla 39. Lista de vegetación propuesta para el Sendero Guadalupe. Fuente: creación propia

HIERBAS	
	NOMBRE COMÚN: Casalá
	Nombre científico: <i>Commelina dianthifolia</i>
	Estatus: nativa
	Hábito y forma de vida: herbácea perenne
	Tamaño: hasta 20cm de alto
	Raíz: raíces tuberosas
	Fenología: de verano a otoño
NOMBRE COMÚN: Colecitas	
Nombre Científico: <i>Euphorbia radians</i> Benth	
Estatus: nativa	
Hábito y forma de vida: herbácea perenne	
Tamaño: 3 a 25 cm de alto	
Raíz: tuberosa, engrosada	



HIERBAS	
	NOMBRE COMÚN: Conchita
	Nombre científico: <i>Echeveria mucronata</i>
	Estatus: nativa
	Hábito y forma de vida: herbácea perenne
	Tamaño: hasta 25 cm de largo
	Fenología: florece de julio a septiembre
NOMBRE COMÚN: Tatalencho	
Nombre Científico: <i>Gymnosperma glutinosum</i>	
Estatus: nativa	
Hábito y forma de vida: herbácea con base leñosa, perenne.	
Tamaño: hasta 1 metro de alto	

CUBRESUELOS	
	NOMBRE COMÚN: Cardoncillo, jaspalache
	Nombre científico: <i>Sedum moranense</i>
	Estatus: nativa
	Hábito y forma de vida: perenne
	Tamaño: hasta 20 cm de largo
	Fenología: florece entre marzo y septiembre

ARBUSTOS	
	NOMBRE COMÚN: Helecho dorado
	Nombre científico: <i>Myriopteris aurea</i>
	Estatus: nativa
	Tamaño: de 10 a 60 cm de altura
	Hábito y forma de vida: arbusto perenne.
	Adaptable a una variedad de sustratos, pendientes y salientes rocosos, laderas secas y rocosas

ARBUSTOS	
NOMBRE COMÚN: Trompetilla	
Nombre Científico: <i>Bouvardia ternifolia</i>	
Estatus: nativa	
Hábito y forma de vida: arbusto, subarbusto o planta herbácea perenne	
Tamaño: de 30 cm a 1.5 metros de altura	
	Fenología: finales de febrero a octubre

ARBUSTOS	
	NOMBRE COMÚN: Mirto chico
	Nombre Científico: <i>Salvia microphylla</i>
	Estatus: nativa
	Hábito y forma de vida: arbusto perenne
	Tamaño: hasta 1.20 m de altura
	Fenología: de verano a otoño

CACTACEAS	
NOMBRE COMÚN: Maguey blanco	
Nombre Científico: <i>Agave applanata</i>	
Estatus: nativa	
Hábito y forma de vida: perenne, subcaulescente	
Tamaño: rosetas densas de 1.5 a 2m de alto, diámetro de 2.5 a 3.5 m	
Fenología: floración de mayo a julio	
	NOMBRE COMÚN: Garambullo
	Nombre Científico: <i>Myrtillocactus geometrizans</i>
	Estatus: endémica
	Hábito y forma de vida: planta columnar ramificada, perenne, con espinos
	Tamaño: 2m a 7 m de altura, tallos entre 6cm a 12 cm de diámetro
Fenología: florece entre febrero y abril	

CACTACEAS	
NOMBRE COMÚN: Cardenche	
Nombre Científico: <i>Cylindropuntia imbricata</i>	
Estatus: nativa	
Hábito y forma de vida: perenne	
Tamaño: hasta 3 m de altura	
Fenología: florecen desde finales de la primavera hasta ya iniciado el verano	
	NOMBRE COMÚN: Chilayo
	Nombre Científico: <i>Lophocereus marginatus</i>
	Estatus: endémica
	Hábito y forma de vida: planta columnar erecta, simple o poco ramificada
	Tamaño: troncos que crecen lentamente hasta 6.1 m de altura. Los tallos miden 9 a 10 cm de diámetro, con nervaduras de 13 a 18 cm. La espina central mide aproximadamente 1 cm de diámetro con 5 a 9 radiales de color amarillento.

ÁRBOLES	
	NOMBRE COMÚN: Colorín
	Nombre científico: <i>Erythrina folkersii</i>
	Estatus: nativa
	Hábito y forma de vida: árbol caducifolio Tamaño: 16 m de alto Fenología: de diciembre a marzo
NOMBRE COMÚN: Retama	
Nombre Científico: <i>Senna multiglandulosa</i>	
Estatus: nativa	
Hábito y forma de vida: árbol, arbusto grande	
Tamaño: de 2m a 4m de altura Fenología: primavera a verano	

ÁRBOLES	
	NOMBRE COMÚN: Pino prieto
	Nombre científico: <i>Pinus greggii</i>
	Estatus: nativa (considerada vulnerable)
	Hábito y forma de vida: árbol perennifolio Tamaño: 10 a 25 metros de altura Fenología: sus conos maduran de noviembre a marzo y permanecen cerrados más de dos años
	Servicio ambiental: <ul style="list-style-type: none"> – Adaptación a suelos pobres – Se utiliza en programas de restauración del suelo de gradado. – Se puede desarrollar en sitios secos, áridos, arcillosos, delgados, pobres en materia orgánica
NOMBRE COMÚN: Cedro blanco	
Nombre Científico: <i>Cupressus lusitánica</i>	
Estatus: nativa (Sujeta a protección especial NOM-059-SEMARNAT-2010)	
Hábito y forma de vida: árbol o arbusto	
Tamaño: de 10 a 30 m de altura. Tronco hasta 1.5 m de diámetro Fenología: hojas perennifolias, florece de febrero a abril, fructifica en otoño e invierno	
Servicio ambiental: <ul style="list-style-type: none"> – Restauración de suelos degradados – Especie tolerante a la contaminación atmosférica – Tolera suelos pobres, arenosos y calizos 	

Tabla 40. Paleta vegetal propuesta. Fuente: creación propia.

3.4.4.3. Propuesta por sectores

SECTOR "A"

El Sector "A" representa los primeros 103 metros del sendero, está localizado a partir del inicio del camino. Se compone de 2 paredes de pendientes, cada una con un alto de 3.5 metros y un largo de camino de 103 metros.

Problemática: se identificaron pendientes con problemas erosivos moderados, con ausencia visible de vegetación y algunas cárcavas durante el recorrido.

Propuesta: la propuesta esta visualizada en el uso de geotextiles para la implementación de un muro verde natural que ayude a estabilizar el suelo y restablecer la vegetación de este sector.

Se propone una previa limpieza y saneamiento de la zona que consiste en la recolección de basura y de maleza. Posteriormente se realiza una nivelación del suelo de la pendiente seguido del relleno de las cárcavas.

Una vez preparada la zona se instala el geotextil y se realiza la plantación de la vegetación usando un sistema de tresbolillo.

Geotextiles

De acuerdo con el análisis previo del polígono de intervención se propone la implementación del muro verde natural mediante el uso de un geotextil no tejido con las siguientes características:

- Composición: 100% polipropileno
- No tejido punzonado
- Color: verde oscuro
- Calibre: 400 gr/m²
- Cantidad total de geotextil: 750 m²

Instalación de los geotextiles

Antes de la instalación del geotextil se recomienda regar profundamente el suelo de cada pendiente.

Para su colocación se sugiere desenrollar el material de manera cuidadosa y posteriormente extenderlo desde la parte más alta de cada pendiente hasta la parte baja.

El segundo paso es asegurarse de que el geotextil quede completamente extendido y uniforme evitando holguras y abultamientos.

Para la fijación se sugiere el uso de estacas reforzadas de metal o plástico para una mejor adherencia del material en el suelo.

Posterior a este paso se recomienda hidratar completamente el geotextil con un riego profundo.

Finalmente, una vez instalado el geotextil se procede a la plantación de la vegetación y se realiza un segundo riego asegurándose de hidratar uniformemente las plantas.

Paleta vegetal para el Sector "A"

La selección de vegetación está basada en especies nativas y endémicas identificadas en la zona de la Sierra de Guadalupe y cercanas al sendero.

Nombre científico	Nombre común	Estatus	Número de ejemplares
<i>Commelina dianthifolia</i>	Casalá	Endémica	1,200
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Tatalencho	Nativa	90
<i>Sedum moranense</i>	Cardoncillo, jaspalache	Endémica	800
<i>Myriopteris aurea</i>	Helecho dorado	Nativa	240
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	Nativa	120
<i>Salvia microphylla</i>	Mirto chico	Nativa	130
<i>Erythrina folkersii</i> *	Colorín	Nativo	1
<i>Senna multiglandulosa</i> *	Retama	Nativa	2
<i>Cupressus lusitánica</i> *	Cedro blanco	Nativa Sujeta a protección especial NOM-059-SEMARNAT-2010	3
<i>Pinus greggii</i> *	Pino prieto	Nativa (Vulnerable)	5

Tabla 41. Paleta vegetal para el Sector "A". Fuente: creación propia

*Se recomienda el uso de tutores para asegurar el adecuado crecimiento del árbol

PLANO DE PLANTACIÓN DEL GEOTEXTIL PARA EL SECTOR "A"



Imagen 109. PLANO DE PLANTACIÓN DEL GEOTEXTIL PARA EL SECTOR "A". Fuente: creación propia



Imagen 110. Proyecto de muro verde natural con geotextiles en el Sector A. Fuente: creación propia.

SENDERO GUADALUPE "SECTOR A"



PLANO DE VEGETACIÓN

Esc 1:250











VEGETACIÓN					
	<i>Sedum moranense</i>		<i>Bouvardia ternifolia</i>		<i>Pinus greggii</i>
	<i>Commelina dianthifolia</i>		<i>Salvia microphylla</i>		<i>Senna multiglandulosa</i>
	<i>Myriopteris aurea</i>		<i>Gymnosperma glutinosum</i>		<i>Cupressus lusitánica</i>
					<i>Erythrina folkersii</i>

Imagen 111. Plano de vegetación para el Sector "A". Fuente: creación propia.

Plantación y siembra. Se sugiere un marco de plantación en tresbolillo mediante el uso de la vegetación nativa propuesta. El uso del geotextil ayudará a brindar el soporte necesario para contener las plantas mientras se adaptan y crecen.

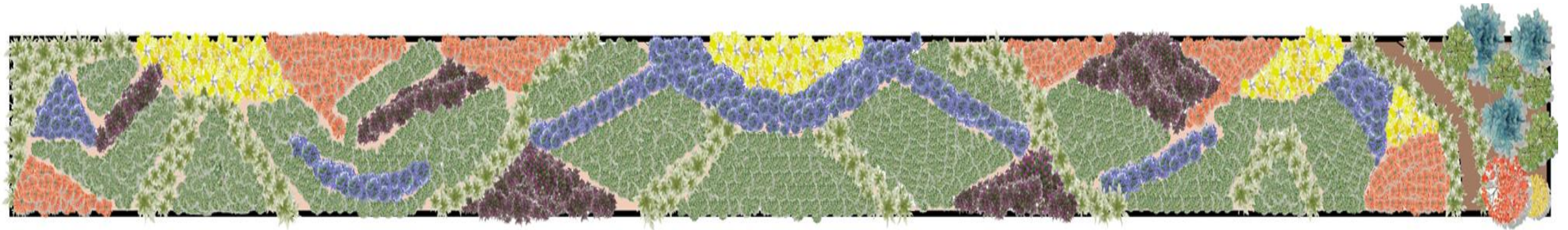


Imagen 112. Plano de plantación y siembra. Sector "A". Fuente: creación propia.

SECTOR “B”

Representa los siguientes 101 metros del recorrido a partir del punto de culminación del primer sector hasta el punto casi final del sendero, el cual se identifica con el inicio de una zona rocosa con presencia parcial de rocas en las pendientes.

Al igual que el primer sector se compone de 2 paredes de pendientes, en esta ocasión cada una con un alto de 3.5 metros y un largo de camino de 101 metros.

Problemática: se observan pendientes más pronunciadas con efectos erosivos avanzados, presencia de cárcavas y ausencia de vegetación.

Propuesta: para este sector la propuesta también está visualizada en el uso de geotextiles para la implementación de un muro verde natural que ayude a estabilizar el suelo y restablecer la vegetación.

Igualmente se propone una limpieza y saneamiento previo de la zona que consista en la recolección de basura y de la maleza.

Posteriormente se propone una nivelación del suelo para cada pendiente seguido del relleno de las cárcavas presentes en cada una.

Una vez preparada la zona se procede a la instalación del geotextil y se realiza la plantación de la vegetación usando un sistema de tresbolillo.

Geotextiles

En este este segundo sector también se contempla la implementación del muro verde natural mediante el uso de un geotextil no tejido con las siguientes características:

- Composición: 100% polipropileno
- No tejido punzonado
- Color: verde oscuro
- Calibre: 400 gr/m²
- Cantidad total de geotextil: 720 m²

Instalación de los geotextiles

Antes de la instalación del geotextil se recomienda regar profundamente el suelo de cada pendiente.

Para su colocación se sugiere desenrollar el material de manera cuidadosa y posteriormente extenderlo desde la parte más alta de cada pendiente hasta la parte baja.

El segundo paso es asegurarse de que el geotextil quede completamente extendido y uniforme evitando holguras y abultamientos.

Para la fijación se sugiere el uso de estacas reforzadas de metal o plástico para una mejor adherencia del material en el suelo.

Posterior a este paso se recomienda hidratar completamente el geotextil con un riego profundo.

Finalmente, una vez instalado el geotextil se procede a la plantación de la vegetación y se realiza un segundo riego asegurándose de hidratar uniformemente las plantas.

Paleta vegetal para el Sector "B"

La selección de vegetación está basada en especies nativas y endémicas identificadas dentro de la zona de la Sierra de Guadalupe y cercanas al sendero.

Nombre científico	Nombre común	Estatus	Número de ejemplares
<i>Commelina dianthifolia</i>	Casalá	Endémica	1,200
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Tatalencho	Nativa	90
<i>Sedum moranense</i>	Cardoncillo, jaspalache	Endémica	800
<i>Myriopteris aurea</i>	Helecho dorado	Nativa	240
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	Nativa	120
<i>Salvia microphylla</i>	Mirto chico	Nativa	130

Tabla 42. Paleta vegetal para el Sector "B". Fuente: creación propia.

*Se recomienda el uso de tutores para asegurar el adecuado crecimiento del árbol.

PLANO DE PLANTACIÓN DEL GEOTEXTIL PARA EL SECTOR "B"

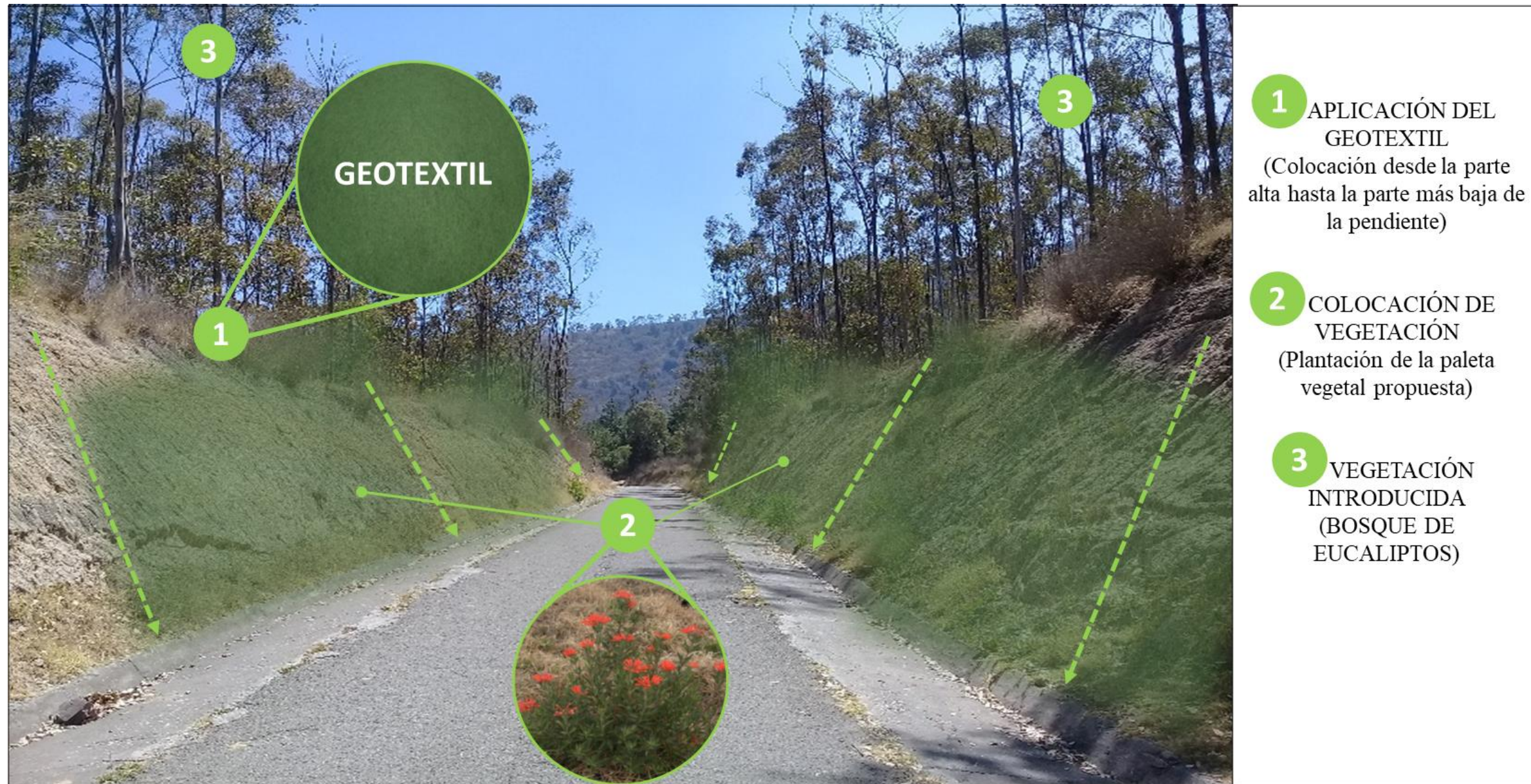












Imagen 113. PLANO DE PLANTACIÓN DEL GEOTEXTIL PARA EL SECTOR "B". Fuente: creación propia.



Imagen 114. Proyecto de muro verde natural con geotextiles en el Sector B. Fuente: creación propia.

SENDERO GUADALUPE "SECTOR B"



VEGETACIÓN					
	<i>Sedum moranense</i>		<i>Bouvardia ternifolia</i>		<i>Pinus greggii</i>
	<i>Commelina dianthifolia</i>		<i>Salvia microphylla</i>		<i>Senna multiglandulosa</i>
	<i>Myriopteris aurea</i>		<i>Gymnosperma glutinosum</i>		<i>Cupressus lusitánica</i>
					<i>Erythrina folkersii</i>

PLANO DE VEGETACIÓN

Esc 1:250

Imagen 115. Plano de vegetación para el Sector "B". Fuente: creación propia.

Plano de plantación y siembra. Se sugiere un marco de plantación en tresbolillo mediante el uso de la vegetación nativa propuesta. El uso del geotextil ayudará a brindar el soporte necesario para contener las plantas mientras se adaptan y crecen.

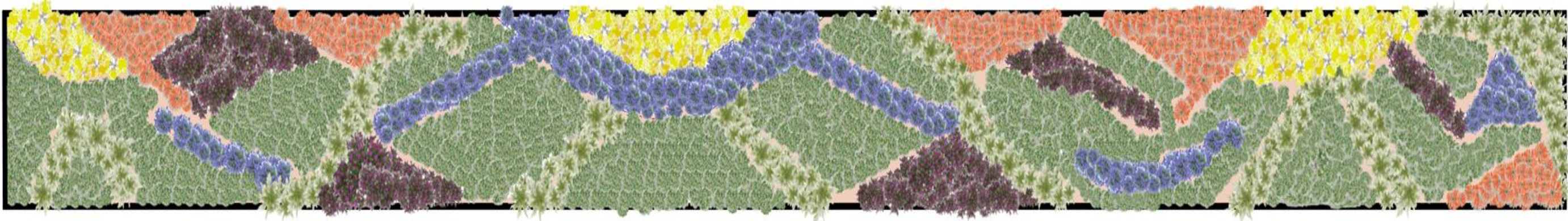


Imagen 116. Plano de plantación y siembra para el Sector "B". Fuente: creación propia.

SECTOR “C”

Este sector es el más pequeño y representa los últimos 30 metros del recorrido está identificado a partir del final del segundo sector con la aparición de la zona rocosa hasta la culminación del recorrido del sendero.

Se compone de 2 paredes de pendientes cubiertas en su totalidad por rocas expuestas. Cada una con medidas aproximadas de 3.7 metros de alto y un largo de 30 metros de camino.

Problemática: se observa la presencia de una zona con rocas expuestas, poca vegetación y el crecimiento de algunos ejemplares de eucaliptos al pie de las pendientes.

Propuesta: para este sector se proponen 3 etapas de intervención.

1. La primera es la limpieza de la zona, recolección de basura, retiro de maleza y ejemplares jóvenes de eucaliptos.
2. Se sugiere una nivelación de las pendientes y el retiro de las rocas demasiado expuestas que podrían significar un peligro en temporadas en que el suelo es más susceptible al deslizamiento.
3. Finalmente se propone la incorporación de vegetación nativa adecuada para esta zona pedregosa.

Geotextiles

Al tratarse de una zona rocosa el uso de un geotextil no resulta necesario ya que las pendientes poseen superficies demasiado irregulares que impiden la colocación del material.

Paleta vegetal para el sector “C”

Nombre científico	Nombre común	Estatus	Número de ejemplares
<i>Echeveria mucronata</i>	Conchita	Endémica	25
<i>Euphorbia radians</i>	Colecitas	Nativa	40
<i>Agave applanata</i>	Maguey blanco	Endémica	15
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	Nativa	9
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Garambullo	Endémica	5
<i>Lophocereus marginatus</i>	Chilayo	Endémica	5

Tabla 43. Paleta vegetal para el Sector "C". Fuente: creación propia.



Imagen 117. Proyecto de muro verde natural en el Sector C. Fuente: creación propia.

SENDERO GUADALUPE "POLÍGONO C"



VEGETACIÓN			
	<i>Echeveria mucronata</i>		<i>Cyndropuntia imbricata</i>
	<i>Euphorbia radians</i>		<i>Myrtillocactus geometrizans</i>
	<i>Agave applanata</i>		<i>Lophocereus marginatus</i>

PLANO DE VEGETACIÓN

Esc 1:250

Imagen 118. Plano de vegetación para el Sector "C". Fuente: creación propia.

Plano de plantación y siembra. Se sugiere un marco de plantación en tresbolillo mediante el uso de la vegetación nativa propuesta. El uso del geotextil ayudará a brindar el soporte necesario para contener las plantas mientras se adaptan y crecen.



Imagen 119. Plano de plantación y siembra para el Sector "C". Fuente: creación propia.

3.4.4.4. EL GEOTEXTIL

Criterios para la selección del geotextil

En capítulos anteriores se detallaron algunos puntos relevantes para poder seleccionar el geotextil adecuado a las necesidades del sitio a intervenir.

De esta forma en este proyecto la selección del geotextil se basó en la información recopilada en el diagnóstico del sector de intervención

Se identificaron tres ejes primordiales para clasificar la información obtenida y los resultados esperados.

En primer lugar, se determinaron las características evaluadas en el sitio, posteriormente se enlistaron los resultados obtenidos y finalmente se determinó que características que debería tener el geotextil para poder hacer frente a estas necesidades.

Finalmente, con base en esta información se determinaron las características que debería tener el geotextil para cumplir con las necesidades de este proyecto:

- Composición: 100% polipropileno
- No tejido punzonado
- Color: verde oscuro
- Calibre: 400 gr/m²

La siguiente tabla ilustra mejor los aspectos considerados para la selección del geotextil.

Características evaluadas	Resultado de la evaluación del sendero	Requerimientos del geotextil
Tipo de suelo	Suelo arcilloso con poca materia orgánica. Muy duro al secarse.	Excelente resistencia a la abrasión Buena resistencia a la tracción Excelentes propiedades mecánicas
Vegetación	Escasa en las pendientes únicamente con presencia de hierbas de temporal. Predominantemente bosques de eucaliptos en las partes altas.	Excelente capacidad para el favorecimiento de vegetación. Buena absorción del agua y humedad.
Fauna	Presencia de mamíferos terrestres pequeños (Cacomixtle, conejos y ratas)	Permeabilidad del tejido baja. Excelente capacidad para degradarse.
Impacto cromático	El sendero presenta tonalidades marrones en todo el año.	Colores caquis, beige o marrones.
Ausencia de agua	Gran parte del año hay ausencia de humedad y agua.	Excelente retención de humedad
Erosión	Signos de erosión avanzada	Excelente resistencia a la fricción Excelente resistencia mecánica Permeabilidad moderada
Asoleamientos	Exposición directa al sol	Excelente resistencia a los rayos Ultravioletas.

Tabla 44. Criterios para la selección del geotextil para el caso de aplicación en el Sendero Guadalupe. Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Edo de México. Fuente: creación propia.

Instalación del geotextil

El método de instalación de un geotextil dependerá de las condiciones del proyecto y la cantidad de material que se desea instalar. A continuación, se presenta una descripción general de la instalación de un geotextil para un sistema de control de erosión en pendientes.

A. Preparación de la zona

El primer paso es la preparación y nivelación del suelo. Este paso generalmente es el más recomendado antes de la instalación ya que asegura la funcionalidad del geotextil y evita hundimientos e irregularidades en la superficie del material.

B. Aplicación del geotextil

El segundo paso consiste en la aplicación del geotextil. Existen diferentes técnicas dependiendo del tamaño de la superficie a intervenir y la capacitación del personal.

Para zonas extensas lo más recomendable es desmontar desde el ancho del rollo del geotextil partiendo de la parte superior hasta la parte inferior de la pendiente para posterior cortar la capa del material a razón de la medida del largo total de la pendiente. Se fija perfectamente el material al suelo de forma que quede completamente extendido y uniforme, evitando a toda costa los abultamientos o las arrugas. Se repite el proceso hasta cubrir totalmente toda la zona a tratar.

Para zonas más pequeñas se pueden cortar lienzos de geotextil de acuerdo con el ancho o el largo que se desee cubrir.

En ambos casos es muy importante la fijación del material con grapas o estacas para asegurar su adherencia al suelo o la superficie.



Imagen 120. Adaptado de Indiamart y Tuinen. Ejemplo de instalación de geotextiles. Recuperado de: <https://www.indiamart.com/>.

C. Plantación de la vegetación

El paso final consiste en la plantación de la vegetación, esto se puede realizar mediante hidrosiembra o con la plantación directa de las especies

Para la plantación se realizan pequeñas aberturas en el material a manera que se puedan introducir perfectamente las plantas. Se recomienda riegos del suelo antes de la aplicación del geotextil y posterior a la plantación.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se buscó crear mejores herramientas que ayudaran a entender la importancia que tienen los geotextiles en la conservación del paisaje nacional.

Uno de los principales objetivos fue brindar información para que el lector pudiera conocer, de forma más profunda, los aspectos básicos de los geotextiles, como su función y su clasificación, y de esta forma, posteriormente, se pudiera generar un criterio más amplio sobre las diferentes formas de aplicación que estos tienen para la conservación y el mejoramiento del paisaje.

Se priorizo en todo momento el desarrollo de información inclusiva que motivara a comprender la influencia que tienen los geotextiles para el mejoramiento de los aspectos sensibles y ambientales en cualquier tipo de paisaje

Una de las metas planteadas fue mostrar la diversificación que ha tenido el uso de los geotextiles para aplicaciones en el paisaje y el incremento en su demanda para el control de la erosión y la recuperación de la vegetación.

Así mismo, para proporcionar información clara y sistemática, el trabajo se desarrolló en tres capítulos de investigación, los cuales estuvieron conformados en: el planteamiento de información documental sobre los geotextiles y su relación con el paisaje, el diseño de un método experimental que ayudara a visualizar su eficacia para el control de la erosión y el crecimiento de la vegetación, y finalmente la ejemplificación de su uso para la recuperación de vegetación mediante la propuesta de un muro verde natural en el Parque estatal Sierra de Guadalupe.

Los resultados obtenidos en el primer capítulo plasmaron información sobre los conceptos básicos de los geotextiles, tales como sus principales funciones, sus diferentes aplicaciones y la clasificación que estos tienen de acuerdo a las fibras utilizadas para su fabricación.

En este capítulo también se visualizaron algunas de las últimas innovaciones en el ámbito internacional para el perfeccionamiento de la estructura y funcionalidad de los geotextiles. De igual forma, se lograron explorar diversos ejemplos de aplicación en proyectos nacionales e internacionales, identificando la función principal que tuvieron los geotextiles para la conclusión de cada proyecto en cuestión.

El segundo capítulo estuvo basado en el diseño y ejecución de un método experimental mediante el uso de una serie de módulos experimentales donde se logró validar la influencia de los geotextiles para el control de la erosión y el favorecimiento del crecimiento de la vegetación.

La ejecución incluyó la exposición de estos materiales a condiciones reales de riego, luz solar y uso de vegetación nativa del Valle de México, usando como variante fundamental suelos tipo andosol y litosol.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios para los intereses de esta investigación concluyendo la eficacia y la importancia que estos tienen para el control de la erosión y su influencia en la vegetación.

Finalmente, en el tercer capítulo se abordó a modo de ejemplo práctico, un caso de aplicación de geotextiles para la instalación de un muro verde natural en el Sendero Guadalupe del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, en el municipio de Coacalco Estado de México.

En este ejemplo de aplicación, el objetivo principal fue lograr el desarrollo de un procedimiento para recuperar y restaurar los componentes sensibles y ambientales del paisaje, principalmente la vegetación en el sendero.

Igualmente, se buscó a través del uso de los geotextiles, la creación de una cobertura de protección para el suelo de las pendientes, buscando controlar y minimizar los problemas de erosión de la zona.

El objetivo principal planteado fue el mejoramiento visual y ambiental del sendero mediante la recuperación de la vegetación del paisaje a través del uso de geotextiles.

Con toda esta información obtenida se puede concluir que los objetivos planteados al inicio de este proyecto fueron desarrollados de manera sistemática.

Se espera que esta información ayude a crear mejores herramientas y toma de decisiones en futuros proyectos para la conservación del paisaje en el ámbito nacional.

ANEXOS

ANEXOS

A.1. MANTENIMIENTO DE LA VEGETACIÓN EN EL CASO DE APLICACIÓN CON GEOTEXTILES

- El mantenimiento sugerido para la vegetación es básico ya que uno de los principales objetivos al usar vegetación nativa es que esta sea capaz de adaptarse a las condiciones naturales de la zona.
- En cuanto al riego se recomienda únicamente durante las cuatro primeras semanas después de la plantación una o dos veces a la semana.
- Es importante monitorear el estado de los tutores de las plantas asegurando que estos permanezcan firmes y estables.
- El periodo de vida del geotextil tiene un estimado de entre 4 a 6 años por lo que su mantenimiento quedará asegurado si se realiza la correcta instalación en el suelo de las pendientes.

A.2. NORMATIVIDAD

Para determinar la normatividad relevante relacionada con el presente trabajo de investigación se identificaron elementos clave de estudio.

Estos elementos están identificados como:

- El Parque Estatal Sierra de Guadalupe (zona Estado de México)
- La vegetación
- El geotextil.

El Parque Estatal Sierra De Guadalupe

El Parque Estatal Sierra de Guadalupe esta declarado como un Área Natural Protegida, esto quiere decir que es un área que brinda servicios ecológicos y que conserva gran parte de sus atributos naturales.

La Coordinación General de Conservación Ecológica tiene a su cargo esta área y es quien se encarga de regular las actividades que se desarrollen dentro de ella por lo que cualquier proyecto que implique la modificación de la zona deberá ser previamente presentada y aprobada por esta entidad.

La vegetación

En cuanto a la vegetación que se encuentra dentro de la Sierra de Guadalupe se identificaron especies endémicas, nativas e invasoras. Para efectos del proyecto las especies propuestas son únicamente endémicas y nativas de las cuales únicamente se identificó una de ellas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Esta especie fue:

- **Nombre científico:** *Cupressus lusitánica*
- **Nombre común:** Cedro blanco
- **Estatus:** Sujeta a protección especial NOM-059-SEMARNAT-2010

El geotextil

Para la instalación del geotextil no se identificó ninguna normativa mexicana específica para su uso en un sistema terrestre.

De acuerdo a los recursos encontrados se utilizó únicamente a modo de referencia la norma N-CTR-PUE-1-02-007-07 de la Normativa Para La Infraestructura Del Transporte, Clasificación Puertos, en el título Obras de protección del capítulo 007 de Geotextiles.

La referencia tomada del apartado G.5.1.3. detalla la colocación de un geotextil en un talud costero y muestra su correcta instalación en la superficie a proteger.

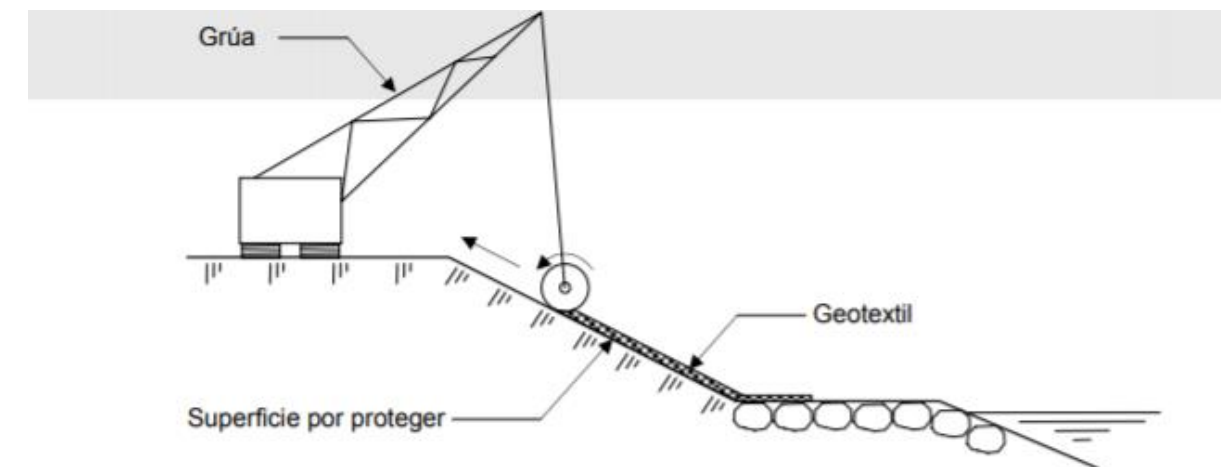


Imagen 121. Esquema de colocación de un geotextil desde tierra. Recuperado de: <https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-PUE-1-02-007-07.pdf>

A.3. RECOMENDACIONES

PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN DE EUCALIPTOS A LARGO PLAZO

Como complemento al caso de aplicación con geotextiles se recomienda la ejecución de un programa de saneamiento forestal en el cual se propone a grandes rasgos una serie de pasos para la actuación en la zona:

- 1.- Análisis de la zona:** estudio del suelo, la vegetación, las condiciones climatológicas, la lluvia, la incidencia solar, la salud del suelo, la salud de la vegetación y los problemas ambientales generales.
- 2.- Especies vegetales:** identificación, clasificación y cuantificación de todas las especies identificadas.
- 3.- Plan de saneamiento forestal:** en caso de haber identificado plagas o enfermedades se procede a la poda y el aclareo de los árboles.
- 4.- Sustitución de árboles:** identificación y derribo de las especies exóticas invasivas identificadas incluyendo las especies de eucaliptos. Tomar en cuenta las técnicas de derribo, troceo y el destocoado.
- 5.- Saneamiento del suelo:** descompactación de suelo, procedimiento para el mejoramiento de la salud del suelo.
- 6.- Plan de revegetación nativa:** ejecución de un plan para la revegetación con especies arbóreas nativas de la zona. Incluyendo hierbas y arbustos.
- 7.- Plan de mantenimiento:** se recomienda incluir un plan de mantenimiento de la zona para asegurar la sobrevivencia de las plantas.

También se recomienda la consulta de la normatividad vigente y el uso de materiales y personal certificado.

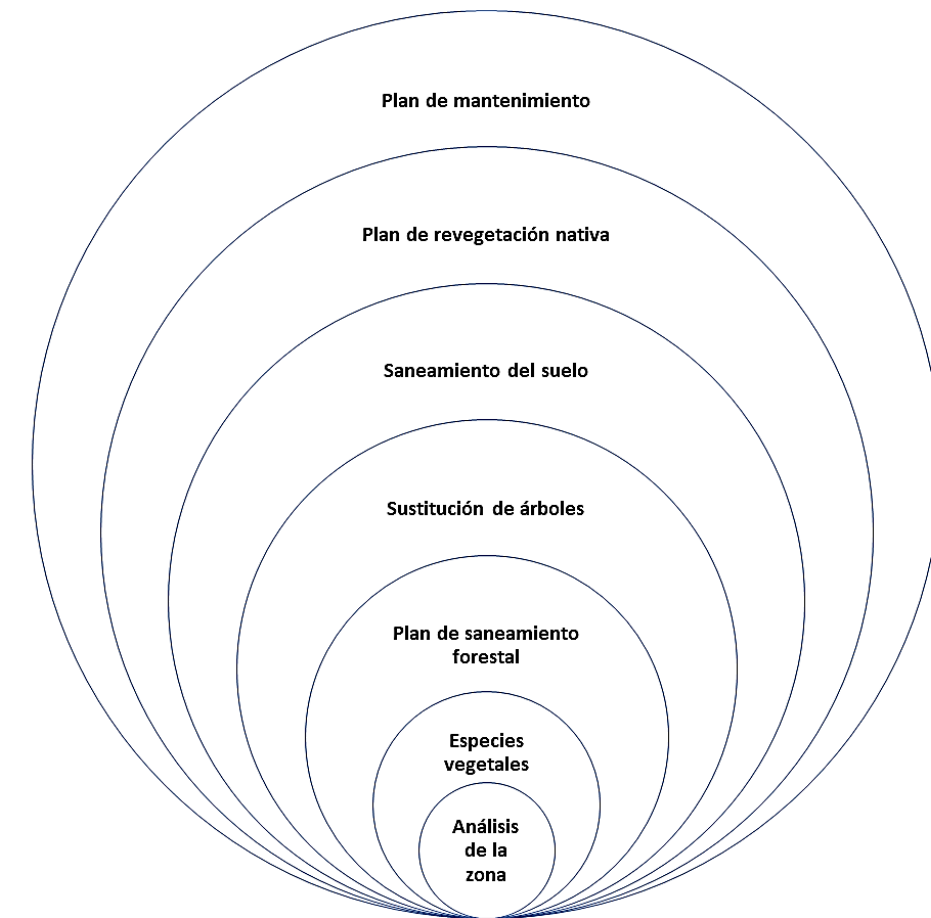


Imagen 122. Esquema de actuación para el programa de sustitución de eucaliptos a largo plazo. Fuente: creación propia.

Paleta vegetal para el programa de sustitución de eucaliptos a largo plazo

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache Chino	Nativa
<i>Crataegus mexicana</i>	Tejocote	Nativa
<i>Prosopis juliflora</i>	Mezquite	Nativa
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite Blanco	Nativa

Tabla 45. Paleta vegetal para el programa de sustitución de eucaliptos a largo plazo. Fuente: creación propia.

En cuanto a la selección de árboles se buscaron especies que ayudaran a proporcionar servicios ecosistémicos al suelo, como es el caso de los mezquites y huizaches que ayudan a filtrar el nitrógeno.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- Alcántara, S. (2018). El paisaje. 1° ed. México: Seminario de Cultura Mexicana.
- Cabrera, J. (1998). Teoría de Tejidos 1. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Hernández, H. (2010). Transformación y Reciclado de Polímeros. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Hollen, N. (2011). Introducción a los textiles. México: Limusa.
- Koerner, R. (2005). Designing with geosynthetics. 4° ed. Upper Saddle River: Xlibris.
- Martínez, F. (1993). El Barrio de La Banda paisaje y valor histórico. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Nuñez, J. (2000). Fundamentos de edafología. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.

Recursos electrónicos

- Aguilera C. & Montero I. (2000). Medio ambiente y arqueología de superficie en la Sierra de Guadalupe. México: academia.edu. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: https://www.academia.edu/19567014/Medio_ambiente_y_arqueolog%C3%ADa_de_superficie_en_la_Sierra_de_Guadalupe
- Clima Sierra de Guadalupe. México: Clima México. Recuperado el 26 de agosto del 2020. Disponible en: <https://www.climamexico.mx/mexico/mexico/clima-sierra-de-guadalupe/>
- CONVENIO EUROPEO del Paisaje. Florencia, Italia: rm.coe. Recuperado el 10 de diciembre del 2020. Disponible en: <https://rm.coe.int/16802f3fbd>
- Edafología. México: Inegi. Recuperado el 26 de agosto del 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>
- El clima promedio en Sierra de Guadalupe. Estados Unidos: Weatherspark. Recuperado el 25 de abril del 2020. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/5917/Clima-promedio-en-Sierra-de-Guadalupe-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Especies vegetales. México: conafor. Recuperado el 15 de febrero del 2020. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/>
- Especies vegetales. México: enciclovida. Recuperado el 15 de febrero del 2020. Disponible en: <https://enciclovida.mx/>
- Estaciones Meteorológicas. Estación meteorológica. Recuperado el 25 de abril del 2020. Disponible en: <https://estacionmeteorologica.pro/como-se-mide-la-lluvia/>
- Fichas técnicas de especies vegetales. México: conabio. Recuperado el 15 de febrero del 2020. Disponible en: <https://www.gob.mx/conabio>
- GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL. (2006). ACUERDO POR EL QUE SE APRUEBA EL PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA CON LA CATEGORÍA DE ZONA DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA "LA ARMELLA". México: Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <http://www.paot.org.mx/centro/programas/anp-df/plaarmella.pdf>.

- GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL. (2006). ACUERDO POR EL QUE SE APRUEBA EL PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA CON LA CATEGORÍA DE ZONA DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA "LA ARMELLA". México: Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <http://www.paot.org.mx/centro/programas/anp-df/plaarmella.pdf>
- Geomembranas. México: Geomembranas (2019). Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <https://geomembranasmexicanas.com/>
- Geosintéticos. México: Pavco Geosintéticos de Mexichem (2019). Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <https://pavcogeosinteticos.com/geosinteticos/>.
- Geosynthetics. Italia: TENAX (2019). Recuperado el 23 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.tenax.net/en>.
- Geotextile Fabric Application. Estados Unidos: Erosion Pollution (2019). Recuperado el 23 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.erosionpollution.com/geotextile-fabric-application.html>
- Geotextiles. Estados Unidos: TERRAM (2019). Recuperado el 23 de febrero del 2019. Disponible en: <http://www.terram.com/products/geotextiles/>.
- Global Geotextiles Market Size 2017. Estados Unidos: adroitmarketresearch. Recuperado el 15 de febrero del 2020. Disponible en: <https://www.adroitmarketresearch.com/industry-reports/geotextiles-market>
- Gobierno de México. Parque Nacional El Tepeyac. México: gob.mx. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/271919/Tepeyac_web.pdf
- Gobierno del Estado de México. (1999). PROGRAMA DE MANEJO DEL PARQUE ESTATAL "SIERRA DE GUADALUPE". México: legislación. edomex. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/1999/feb094.PDF>
- Gobierno del Estado de México. (2015). Ficha Técnica Parque Estatal Sierra de Guadalupe. México: ipomex. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2015/48/8/80f7312c7c8f6e34c468b905f9c3c441.pdf
- Gobierno del Estado de México. Parque Estatal Sierra de Guadalupe. México: sma. edomex. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: https://sma.edomex.gob.mx/parque_estatal_sierra_de_guadalupe
- Granados, D. & Campos J. (2005). De la Sierra de Guadalupe y de cómo rescatar sus tesoros. México: jornada. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.jornada.com.mx/2005/05/30/eco-b.html>
- Hernández, R. (2007). EVALUACIÓN DE FUNCIONES Y SERVICIOS AMBIENTALES Parque Estatal Sierra de Guadalupe-Proyecto de Conservación Ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México. España: researchgate. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/46590243_Evaluacion_de_funciones_y_servicios_ambientales_Parque_Estatal_Sierra_de_Guadalupe_-_Proyecto_de_conservacion_ecologica_de_la_zona_metropolitana_del_Valle_de_Mexico
- La Carta Iberoamericana Del Paisaje Cultural. Madrid, España: ruc.udc. Recuperado el 10 de diciembre del 2020. Disponible en: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9641/CC_32_art_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- La importancia de la medición del agua de lluvia. México: Gobierno de México. Recuperado el 27 de abril del 2020. Disponible en: <https://www.gob.mx/imta/articulos/la-importancia-de-la-medicion-del-agua-de-lluvia?idiom=es>
- Las categorías de geotextil. China: Geotrst (2019). Recuperado el 23 de febrero del 2019. Disponible en: <http://www.geotrstes.com/geotextile/>.

- López L. & Noguez X. EL CÓDICE DE TEOTENANTZIN Y LAS IMÁGENES PREHISPÁNICAS DE LA SIERRA DE GUADALUPE, MÉXICO. México: mesoweb. Recuperado el 20 de febrero del 2020. Disponible en: <http://www.mesoweb.com/es/articulos/sub/Teotenantzin.pdf>
- Los suelos de México. México: semarnat. Recuperado el 2 mayo del 2021. Disponible en: http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.1_Suelos/index.htm
- M.L. Gutiérrez. Contra un diseño dependiente. Recuperado el 2 de mayo de 2020. Disponible en: <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/402>
- Mapa De La Sierra De Guadalupe. Anvaka. Recuperado el 2 de mayo de 2020. Disponible en: https://anvaka.github.io/city-roads/?q=coacalco&osm_id&bbox=19.5959452%2C-99.1348573%2C19.6759452%2C-99.0548573
- Medición de la calidad y la cantidad de luz. EEUU. Troy Buechel. (2021). Recuperado el 15 de noviembre de 2021. Disponibles en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-medir-la-calidad-y-la-cantidad-de-luz/>
- Nonwovens tejidos técnicos. España: TEX DELTA (2019). Recuperado el 23 de febrero del 2019. Disponible en: <https://texdelta.com/>.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. México: profepa. Recuperado el 11 de diciembre del 2020. Disponible en: https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/nom_059_semarnat_2010.pdf
- Normatividad CTR. Construcción. Puertos. México: Normas Int. Recuperado el 20 de diciembre del 2020. Disponible en: <https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-PUE-1-02-007-07.pdf>
- Obras y soluciones de ingeniería. México: Maccaferri de Mexico. (2019). Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.maccaferri.com/mx/>.
- Obras y soluciones de ingeniería. México: Maccaferri de Mexico. (2019). Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.maccaferri.com/mx/>
- Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Google. Recuperado el 2 de mayo de 2020. Disponible en: <https://www.google.com.mx/maps/place/Parque+Estatal+Sierra+de+Guadalupe/@19.6174921,-99.1423453,13.75z/data=!4m5!3m4!1s0x85d1f6a78ec7db85:0x804cafa9e7c4aff5!8m2!3d19.6222257!4d-99.1142753?hl=es>
- Productos Erosionzero. España: Bonterra Ibérica SL (2019). Recuperado el 23 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.controlerosion.es/productos>
- Productos geosintéticos. Colombia: Geomatrix (2019). Recuperado el 23 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.geomatrix.co/productos/geomallas/>
- Productos geotextiles. México: ARPIMIX Soluciones Avanzadas en Ingeniería (2019). Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <https://arpimix.com/>
- Proyectos ambientales. España: Projar (2019). Recuperado el 23 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.solucionesambientalesprojar.com/proyectos/>
- Restauración paisajística. España: Paisajes del sur (2019). Recuperado el 23 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.restauracionpaisajistica.com/>
- Salinas, A. & Lugo, José. (1996). Geomorfología de la sierra de Guadalupe (al norte de la Ciudad de México) y su relación con peligros naturales. México: dialnet. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=281546>
- Secretaría del Medio Ambiente. (2016). AVISO POR EL QUE SE DA A CONOCER EL PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA, CON CATEGORÍA DE ZONA SUJETA A CONSERVACIÓN ECOLÓGICA "SIERRA DE GUADALUPE". México: sedema. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible

en:<http://www.cms.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/594/d40/076/594d4007630a0667718310.pdf>

- Standard Terminology for Geosynthetics. ASTM D4439 – 20. Estados Unidos: astm.org. Recuperado el 15 de febrero del 2020. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D4439.htm>
- Suelos. México: semarnat. Recuperado el 2 mayo del 2021. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf
- Vecinos verdes. México: biodiversidad. Recuperado el 15 de febrero del 2020. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/>
- Vegetación de la Sierra de Guadalupe. México: naturalista. Recuperado el 2 de mayo de 2020. Disponible en: <https://www.naturalista.mx/taxa/147996-Sanvitalia-procumbens>
- Vela, G. & Flores, D. (2004). MORFOGÉNESIS DE SUELOS CON CAPAS ENDURECIDAS DE LA SIERRA DE GUADALUPE, MÉXICO. México: Chapingo. Recuperado el 20 de febrero del 2019. Disponible en: <https://www.chapingo.mx/terra/contenido/22/3/255.pdf>

Imágenes

- Acacia schaffneri. México: bio.uaq. Recuperado el 20 de mayo de 2020. Disponible en: http://bio.uaq.mx/municipioQro/fichas.php?idA=151&n_img=3&F=1
- Erythrina folkersii. México: Mexicodesconocido. Recuperado el 18 de octubre del 2020. Disponible en: <https://www.mexicodesconocido.com.mx/wp-content/uploads/2019/03/colorin-mercado-libre-1024x768.jpg>
- Geotextiles antiraíces. España: tuinen. Recuperado el 18 de octubre del 2020. Disponible en: <http://www.tuinen.es/disenio-de-jardines/geotextiles-antiraices>
- Hale S. (2019). Myriopteris aurea. Sonora, México: Herbanwmex. Recuperado el 18 de octubre del 2020. Disponible en: <https://herbanwmex.net/portal/collections/individual/index.php?occid=22879459>
- LOPHOCEREUS MARGINATUS. México: fciencias. Recuperado el 20 de mayo de 2020. Disponible en: http://biologia.fciencias.unam.mx/plantasvasculares/ArbolesArbustosFCiencias/Angiospermas/lophocereus_marginatus.html
- Mapa de la Sierra de Guadalupe. Mexico: Google Maps. Recuperado el 4 de octubre de 2019. Disponible en: <https://www.google.com.mx/maps/place/Sendero+Guadalupe/@19.6103327,-99.1226008,16.7z/data=!4m2!1m6!3m5!1s0x85d1f6a6df1e039d:0xb22ba172105cbb35!2sCerro+Ave+Mar%C3%ADa!8m2!3d19.619584!4d-99.1203085!3m4!1s0x85d1f74fc86083d3:0x9aaf6b03477e206e!8m2!3d19.6109903!4d-99.121028?hl=es>
- Non Woven Geotextiles. India: indiamart. Recuperado el 18 de octubre del 2020. Disponible en: <https://www.indiamart.com/jupiter-marketing/geotextiles.html>
- Retama (Senna multiglandulosa). México: naturalista. Recuperado el 20 de mayo de 2020. Disponible en: <https://www.naturalista.mx/observations/63494468>
- Tejocotes. Recuperado el 20 de mayo de 2020. Disponible en: <http://www.tejocotes.com/como-sembrar-tejocote/>