

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ciencias Ambientales



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Estudio a corto plazo de los efectos sobre el suelo del incendio forestal en el Parc Natural del Montgó de septiembre del 2014”

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autora:

Gemma Heerema Pastor

Tutora/Co-tutor:

Cristina Lull Noguera

Josep Vicent Llinares Palacios

GANDIA, 2016

ÍNDICE

1.	Introducción	1
1.1.	Los incendios en los ambientes de tipo mediterráneo	2
1.2.	Consecuencias de los incendios en el suelo	3
1.3.	Incendio del Parc Natural del Montgó de septiembre de 2014	4
2.	Justificación y objetivos.....	5
3.	Materiales y métodos	6
3.1.	Características de la zona de estudio	6
3.1.1	Localización	6
3.1.2	Climatología.....	6
3.1.3	Hidrogeología e hidrología	11
3.1.4	Edafología.....	12
3.1.5	Vegetación.....	13
4.	Metodología de trabajo	16
3.2.1	Material empleado en el muestreo.....	19
3.2.2	Metodología empleada en el laboratorio	19
5.	Resultados y discusión	23
5.1.	Análisis de las propiedades del suelo.....	24
5.1.1.	Humedad- Temperatura.....	24
5.1.2.	Textura	24
5.1.3.	Muestra inalterada: Densidad aparente, porosidad y humedad	26
5.1.4.	Color	27
5.1.5.	Carbonatos	28
5.1.6.	pH	28
5.1.7.	Conductividad eléctrica.....	29
5.1.8.	Materia orgánica	31
5.1.9.	Extracto de saturación	31
5.2.	Análisis de las propiedades de las cenizas	33
5.2.1.	pH	33
5.2.2.	Conductividad eléctrica.....	34



5.2.3.	Color	34
5.2.4.	Materia orgánica	34
5.2.5.	Repelencia al agua (hidrofobicidad).....	35
5.2.6.	Carbonatos	36
6.	Conclusiones.....	37
7.	Bibliografía	38
	Libros y artículos	38
	Páginas web.....	40



Índice de Figuras

Figura 1. Efectos del suelo en el ciclo de los nutrientes. Fuente: (Mataix-Solera, 1999).	3
Figura 2. Precipitación y evapotranspiración desde el día del incendio hasta la toma de las muestras.....	8
Figura 3. Temperatura media desde el día del incendio hasta la toma de las muestras.....	9
Figura 4. Mapa hidrogeológico de la zona de estudio.	11
Figura 5. Mapa geológico del Marquesado, zona en la que está la zona de estudio.	12
Figura 6. Fotografía zona 1.....	16
Figura 7. Fotografía zona 2.....	17
Figura 8. Fotografía zona 3.....	17
Figura 9. Fotografía zona 4.....	18
Figura 10. Fotografía zona 5 (control).....	18
Figura 11. Muestras de suelo recogidas en la zona de estudio.	19
Figura 12. Análisis de la textura mediante densímetro.	20
Figuras 13. Páginas de las tablas Munsell utilizadas para determinar el color del suelo y de las cenizas.....	20
Figura 14. Medida del pH de las muestras de suelo.	21
Figura 15. Gráfico en el que se compara la humedad y la temperatura en los años 2014 y 2016.	24



Índice de Tablas

Tabla 1. Incendios acaecidos en el ámbito del Parque Natural del Montgó y su área de influencia en el año 2014. Fuente: Conselleria d'Infraestructures, Transport i Medi Ambient, 2014.....	5
Tabla 2. Datos climatológicos de la zona estudiada.....	7
Tabla 3. Índices climáticos y clasificación bioclimática de la zona de estudio.....	10
Tabla 4. Inventario de especies vegetales encontradas en la zona de estudio. Elaboración propia.	15
Tabla 5. Textura de los suelos en el año 2014 y 2016.....	25
Tabla 6. Datos de la densidad aparente, porosidad, humedad volumétrica y humedad gravimétrica de los suelos en el año 2014, 2016 y comparativa 2014-2016.	26
Año 2014	26
Año 2016	26
Comparativa 2014-2016.....	26
Tabla 7. Color de los suelos según las tablas Munsell.....	27
Tabla 8. Contenido en carbonatos de los suelo en las zonas de estudio en el año 2014 y 2016.	28
Tabla 9. pH de los suelos en los años 2014 y 2016.	29
Tabla 10. Interpretación de la conductividad eléctrica (prueba previa). Fuente: Shaw y col. (1999).	30
Tabla 11. Conductividad eléctrica de los suelos en los años 2014 y 2016.....	30
Tabla 12. Materia orgánica de los suelos en los años 2014 y 2016.	31
Tabla 13. Interpretación de la conductividad eléctrica en el extracto de saturación.....	32
Tabla 14. Clasificación de diferentes iones en extracto de pasta saturada. Fuente: Consultoría agrícola y medio ambiental. (www.csr servicios.es).....	32
Tabla 15. Concentración de los iones analizados en el extracto de pasta saturada en el año 2016.....	33
Tabla 16. pH de las cenizas en el año 2016.....	33
Tabla 16. Conductividad eléctrica de las cenizas en el año 2016.	34
Tabla 17. Color de las cenizas según las tablas Munsell en el año 2016.....	34
Tabla 18. Contenido en materia orgánica de las cenizas en el año 2016.	35
Tabla 19. Intervalos de clase en el WDPT en segundos y persistencia de la repelencia asociada. Fuente: Bisdorn y col. (1993).....	35
Tabla 20. Hidrofobia de las cenizas en el año 2016.	35
Tabla 21. Contenido en carbonatos en las cenizas en el año 2016.	36



Resumen

En este trabajo se ha realizado un estudio a corto plazo (aproximadamente dos años) de los efectos en el suelo del incendio forestal que tuvo lugar en el Parque Natural del Montgó en septiembre de 2014. Para dicho estudio se tomaron muestras de suelo a dos profundidades, tanto de la zona quemada como de una zona no quemada. En los puntos de muestreo en los que había cenizas también se recogieron estas. En las muestras se han analizado tanto parámetros físicos como químicos del suelo y las cenizas. Entre los parámetros analizados están el contenido en elementos gruesos y finos, humedad del suelo, textura, color, carbonatos, pH, conductividad eléctrica (extracto de pasta saturada), materia orgánica. En el caso de las cenizas también se midió su repelencia al agua (hidrofobicidad). Posteriormente se ha realizado una comparativa con los análisis de suelos que se realizaron tras el incendio. También se ha realizado un recuento de especies vegetales en las parcelas estudiadas. Los incendios forestales son un factor clave en el sistema edáfico como se verá a lo largo del trabajo.

Palabras clave: Incendio, suelo, propiedades del suelo, Parque Natural

Resum

En aquest treball s'ha realitzat un estudi a curt termini (aproximadament dos anys) dels efectes en el sòl de l'incendi forestal que va ocórrer en el Parc Natural del Montgó en setembre del 2014. Per a aquest estudi s'han pres mostres de sòl a dos profunditats, tant de la zona cremada com d'una zona no cremada. En els punts de mostreig en els que havien cendres també es van arreplegar. En les mostres s'han analitzat tant paràmetres físics com químics del sòl i les cendres. Entre els paràmetres analitzats estan el contingut d'elements grossers i fins, humitat del sòl, textura, color, carbonats, pH, conductivitat elèctrica (extracte de pasta saturada), matèria orgànica. En el cas de les cendres també es va mesurar la seua repelència a l'aigua (hidrofobicitat). Posteriorment s'ha realitzat una comparativa amb els anàlisis de sòls que es van realitzar després de l'incendi. També s'ha realitzat un recompte d'especies vegetals en les parcel·les d'estudi. Els incendis forestals són un factor clau en el sistema edàfic com es vorà a lo llarg del treball realitzat.

Paraules clau: Incendi, sòl, propietats del sòl, Parc Natural

Abstract

In this research investigation in a short term (about two years) is going to study the effects on the soil of the forest fire that took place in the Natural Park of Montgó in September 2014. Soil samples were taken at two different depths of the burned area and the non-burned area. In the areas that ashes were found, these were also collected. All samples were analyzed both physical and chemical, of the soil and the ashes. The parameters analyzed were the following: content in coarse and fine elements, soil moisture, texture, color, carbonates, pH, electrical conductivity (saturated paste extract), organic matter. In the case of the ashes water repellency (hydrophobicity) it was also measured. After it has also made a comparison with soil tests that were conducted after the fire. There has also been a count of vegetation species in the plots studied. Wildfires are a key factor in the edaphic system as we will see throughout this research investigation.

Keywords: Fire, soil, soil properties, Natural Park



1. Introducción

El fuego es un fenómeno natural que puede producirse por diversas causas, influyendo a lo largo del tiempo en la evolución de los paisajes naturales y en las especies, tanto de fauna como de flora. Para poder darse la combustión se necesitan 3 importantes factores; oxígeno, combustible y calor. El calor puede ser de origen natural o humano, el oxígeno aumentará cuanto más aire haya, aumentando también la cantidad de fuego. Y por último, el combustible está compuesto por la vegetación viva y la vegetación muerta. Las bases de la defensa contra los incendios forestales es evitar su inicio con la prevención y minimizar los daños con la extinción. Otro paso importante es la vigilancia post-incendio para que el fuego no se reinicie.

El fuego tiene un importante papel en los procesos que gestionan la Tierra. La abundancia de carbones en los sedimentos demuestra que el fuego ha actuado desde hace 400 millones de años (principios del Devónico) cambiando su frecuencia e intensidad según los niveles de oxígeno atmosférico y el clima. Como componente del sistema terrestre, el fuego ha influido en la composición de los gases de la atmósfera, el clima, la biota, las geformas, el transporte de materiales y las tasas de sedimentación (Scott, 2000; 2009).

Los incendios forestales son fenómenos normales que desempeñan un papel esencial en el funcionamiento de numerosos ecosistemas y sin los cuales no es posible entender las características de numerosos paisajes naturales. Sin embargo, la utilización humana del fuego, que no persigue un manejo duradero de la vegetación natural, sino precisamente su transformación, ha supuesto un aumento sin precedentes de la frecuencia de los incendios e intensificado sus efectos rompiendo el equilibrio preexistente y causando alteraciones ambientales en ocasiones irreversibles. (Carracedo y col., 2009)

A corto plazo, y a escala local, los incendios destruyen la cubierta vegetal, producen un fuerte impacto en la diversidad biológica y en el volumen de biomasa de los lugares quemados y alteran el comportamiento de la fauna. (Carracedo y col., 2009)

Los daños causados por los incendios forestales no son solo económicos, como la pérdida de materias primas, madera, corcho, resinas, etc., sino también ambientales. La destrucción de la vegetación por el fuego facilita los procesos erosivos con pérdida de suelo y perturbación del régimen hidrológico.

La recurrencia de incendios propicia un ecosistema distinto del esperado según la situación climática en la que se encuentra. En estas circunstancias de incendios reiterados, las especies con algún mecanismo de resistencia al fuego perduran y desarrollan para su propia supervivencia dispositivos de reproducción y morfologías para resistir e incluso favorecer los incendios con un régimen concreto de recurrencia (Pyne, 2001)



El fuego es un factor ecológico que juega un papel decisivo en la dinámica y estructura de los ecosistemas mediterráneos, que tradicionalmente se queman con cierta frecuencia (Pausas, 1999).

1.1. Los incendios en los ambientes de tipo mediterráneo

Los incendios forestales constituyen la causa más importante de destrucción de bosques en los países del Mediterráneo. Cada año cerca de 50.000 incendios recorren de 700.000 a 1.000.000 de hectáreas de monte, produciendo elevados daños económicos y ecológicos, e incluso pérdidas de vidas humanas.

Existe una incidencia natural del fuego sobre los ecosistemas mediterráneos (no sólo de la cuenca mediterránea sino de los ecosistemas mediterráneos de todo el planeta), así como una incidencia antropogénica que actúa desde hace miles de años que, de forma conjunta, han determinado la evolución de estos ecosistemas (De las Heras, 1994).

Los entornos mediterráneos tienen una fuerte personalidad biogeográfica asociada a unos rasgos climáticos comunes que determinan las características morfológicas más sobresalientes de la vegetación. Los ecosistemas mediterráneos poseen un clima de transición entre el régimen templado oceánico y el tropical seco. Su característica más importante es la coincidencia de la época seca con la cálida. En verano, el Mediterráneo se encuentra bajo la influencia de las anticiclones subtropicales secos que se retiran en invierno hacia latitudes más bajas dejando paso a las borrascas atlánticas de latitudes templadas. Esta peculiaridad propicia que los ecosistemas sean susceptibles a los incendios forestales con una vegetación agostada en verano, que junto a su naturaleza inflamable favorece la aparición y expansión de los incendios (Naveh, 1991; Arianoutsou y col., 1993).

Según los datos estadísticos de las últimas décadas alrededor del 28 % de los incendios en España se producen en el mes de Agosto (ICONA, 1981), datos que se corresponden con lo que ocurre en la provincia de Alicante (ICONA, 1986).

Análisis palinológicos y arqueológicos demuestran la utilización del fuego desde hace al menos 7000 años en el territorio valenciano. Antes del uso del fuego como herramienta, predominaba el bosque mediterráneo de *Quercus ilex* y *Quercus faginea*, donde el *Pinus sp.* predominaba en las laderas. Los agricultores se instalaron obviamente en las tierras más fértiles y llanas, donde se encontraban los *Quercus sp.*, que además fueron especialmente diezmados por el intenso aprovechamiento que han tenido debido a su alto valor como energía calorífica. Esto benefició la expansión de *Pinus halepensis*, que aprovechó las zonas de cultivo abandonadas y que ha sido potenciado por la repoblación forestal (Carrión y Dupré, 1996; Carcaillet y col., 1997; Mataix-Solera y Guerrero, 2007).



1.2. Consecuencias de los incendios en el suelo

Tras el fuego, el suelo puede sufrir cambios directos producidos por el calentamiento y la combustión, e indirectos como consecuencia de la situación microclimática después de la pérdida de la cubierta vegetal y recubrimiento de las cenizas. Estos cambios dependerán principalmente de la temperatura alcanzada durante el incendio (Neary y col., 1999). Así, el fuego afecta directamente al suelo a través de la deposición de cenizas y como resultado del choque térmico que produce. (Carracedo y col., 2009)

El paso de las llamas hace desaparecer la capa superficial de hojarasca, mientras que la elevación repentina de las temperaturas mata a los organismos responsables de los procesos biológicos que se dan en el suelo y que son responsables de su formación y evolución, obstaculizando la vuelta a las condiciones preexistentes. (Carracedo y col., 2009)

El calor y la pérdida de humedad asociados a la combustión destruyen o alteran gravemente el humus y desencadenan una auténtica esterilización del suelo, cuya principal consecuencia es la casi total eliminación de las bacterias y hongos de sus horizontes más superficiales. (Carracedo y col., 2009)

Para conocer la evolución del suelo después de un incendio se han de conocer diversos parámetros y estudiarlos a lo largo de un periodo determinado de tiempo. Algunos de los parámetros a estudiar son los siguientes: pH, conductividad eléctrica, contenido en materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y textura del suelo entre otros (Figura 1).

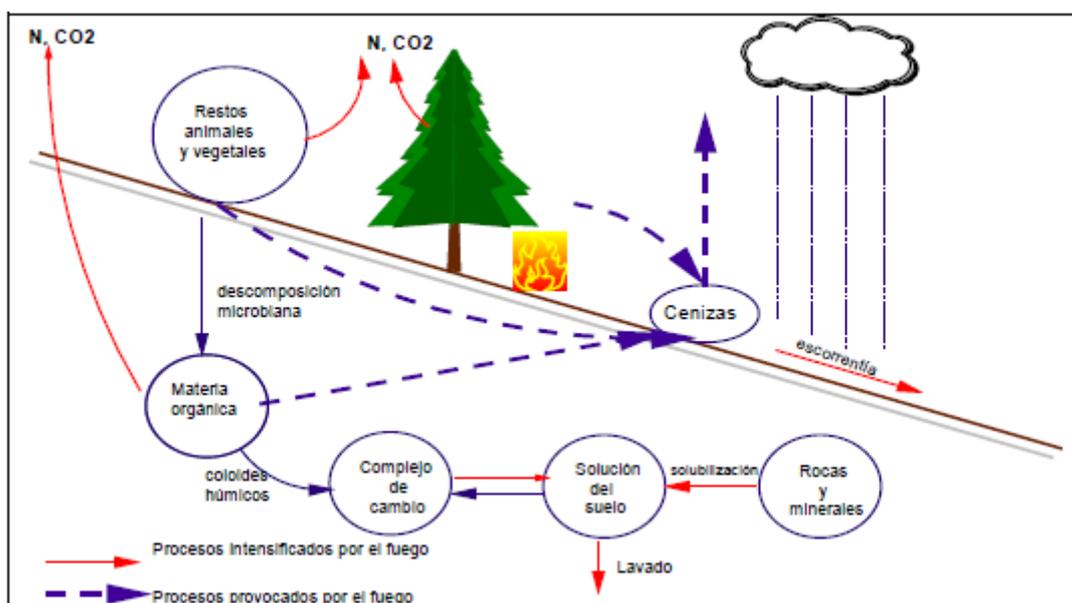


Figura 1. Efectos del suelo en el ciclo de los nutrientes. Fuente: (Mataix-Solera, 1999).

El resultado es que los incendios provocan una repentina reducción tanto de la biomasa como de la materia orgánica contenida en el suelo haciendo descender bruscamente su contenido en carbono total, alterando el equilibrio preexistente entre los diversos tipos de compuestos carbonatados y rompiendo la continuidad de los ciclos biogeoquímicos asociados a ellos (Fernández, 1997)

El calentamiento del suelo produce variaciones en algunas de las propiedades físicas y químicas. El pH y la conductividad eléctrica normalmente aumentan, debido al aporte de carbonatos, cationes básicos y óxidos procedentes de las cenizas. El tiempo de recuperación del pH inicial es variado y se considera que es más o menos rápido según el tiempo que las cenizas permanezcan en el suelo (Mataix-Solera y Guerrero, 2007).

En los suelos mediterráneos calcáreos, los factores que principalmente controlan la hidrofobicidad son, junto con la temperatura alcanzada, el tipo de vegetación y la cantidad de hojarasca presente, siendo *Pinus halepensis* y *Rosmarinus officinalis* los mayores inductores de sustancias hidrofóbicas en el suelo (Arcenegui y col., 2007; Tessler y col., 2008).

Los efectos indirectos del fuego sobre los suelos se producen a partir de la desaparición de la cubierta vegetal, la adición de cenizas y el ennegrecimiento del suelo. Estas modificaciones suponen cambios microclimáticos en la humedad edáfica, temperatura y radiación solar (Raison y col., 2009) que afectarán a la recuperación del sistema tanto en beneficio (menos competencia, más luz, más nutrientes) como en detrimento (mayor erosión, menos infiltración) del ecosistema (Neary y col., 1999).

La hidrología del suelo se modifica como consecuencia del aumento de la hidrofobicidad, reducción de la materia orgánica, disminución de la porosidad y estabilidad de los agregados, el sellado del suelo por partículas minerales o cenizas y sobre todo la reducción de la cubierta vegetal (MacDonald y col., 2008).

Está claro que a la gran variabilidad espacial en los efectos de los incendios forestales se ha de sumar la variabilidad climática, orográfica, litológica y de usos del suelo que provocan que las respuestas a los incendios sean variadas (Cerdà y Bodí, 2007).

1.3. Incendio del Parc Natural del Montgó de septiembre de 2014

En el parque natural estudiado, ha habido bastantes incendios de gran relevancia, siendo el estudiado uno de los más relevantes. Según los datos aportados por los responsables del Plan de Prevención de Incendios Forestales, durante el año 2014, se produjeron 2 incendios en el Parque Natural del Montgó (Tabla 1), uno de ellos en Jesús Pobre, el término municipal Dénia y el segundo de ellos en Xàbia. La superficie calcinada en el primer de los incendios afectó a una superficie aproximada de 36 hectáreas, ocurrido el día 2 de mayo, con origen intencionado. El segundo y más extenso de los incendios tuvo lugar en el entorno de Les Planes, en Xàbia durante los

Estudio a corto plazo de los efectos sobre el suelo del incendio forestal en el Parc Natural del Montgó de septiembre del 2014 | GEMMA HEEREMA PASTOR



días 11 y 12 de septiembre y calcinó un total de 444 hectáreas (de las 2117,68 ha continentales del parque natural), de las cuales cerca de 100 hectáreas se correspondieron con superficie arbolada adulta.

Éste último incendio empezó en una casita cerca del campo de tiro que se encuentra en la sierra, e impulsado por las corrientes de viento que había ese día, junto con el calor, se propagó hacia las dos poblaciones de las que forma parte el Montgó. Se llegaron a apagar zonas con agua del mar debido a la falta de recursos en esos momentos. No se sabe si las parcelas de estudio se apagaron de esta forma, a lo largo del trabajo se sabrá debido a las características que presente el suelo o la vegetación allí presente.

Tabla 1. Incendios acaecidos en el ámbito del Parque Natural del Montgó y su área de influencia en el año 2014. Fuente: Conselleria d'Infraestructures, Transport i Medi Ambient, 2014.

Fecha inicio	Fecha extinción	Paraje	Sup. afectada arbolada (Ha)	Sup. afectada desarbolada (Ha)	Sup. Afectada total (Ha)	Causalidad
03/04/2014	03/04/2014	La Sella	0,04	-	0,04	Tendido eléctrico
02/05/2014	06/05/2014	Camí del Repetidor	-	36	36	Intencionado
11/09/2014	16/09/2014	Les Planes	95,52	348,48	444	Indeterminado

2. Justificación y objetivos

Actualmente se están dando cada vez con más frecuencia incendios forestales sin control y de alta intensidad debido a cuestiones como el aumento de temperaturas o la acción del ser humano, provocando efectos muy desfavorables sobre los diferentes componentes de los ecosistemas, así como el despoblamiento de las montañas de la región mediterránea. El suelo tiene un papel primordial en la conservación de los hábitats naturales, de ahí que sea de sumo interés conocer el efecto de los incendios sobre las propiedades de los suelos, propiedades que a su vez afectan a la vegetación, hidrología y fauna.

Este trabajo tiene como objetivo estudiar el comportamiento de las propiedades del suelo después de un incendio forestal en la Sierra del Montgó mediante:

- El análisis del suelo en el laboratorio, recién sucedido el incendio y dos años después.
- El estudio de la evolución de las propiedades suelo en este periodo de tiempo post-incendio, para comprobar si ha sido favorable o por lo contrario, desfavorable.

3. Materiales y métodos

3.1. Características de la zona de estudio

3.1.1 Localización

El macizo del Montgó se sitúa en la vertiente mediterránea de la península Ibérica, dentro de la Comunidad Valenciana, justo en el extremo noreste de la provincia de Alicante, en la comarca de la Marina Alta, entre los pueblos de Denia y Xàbia, términos municipales a los cuales pertenece. Sus contrafuertes se adentran en el mar Mediterráneo y forman el cabo de San Antonio, que dista poco más de 70 km de Ibiza. Con una altitud de 753 metros, el Montgó es un punto de referencia en el paisaje de la comarca de la Marina Alta.

Se trata de una montaña aislada con orientación NW-SE, que limita en el este con el mar Mediterráneo y al oeste con el valle del río Gorgos, separándola así de las sierras de Castellar y de la del Castellet de la Solana. Por el Sur se encuentra la colina de Santa Llúcia con el plano de Xàbia mientras que por el Norte contacta con el plano cuaternario de Denia, que lo separa de la próxima Sierra de Segaria.

Ocupa una extensión de 2117,68 ha y fue declarado parque natural por parte de la Generalitat Valenciana en día 16 de marzo de 1987. Posteriormente, en noviembre del año 2002, se regula una zona de amortiguación de impactos que amplía la zona protegida a una superficie total de 7503,99 ha, aumentando 5386,31 ha alrededor del macizo.

El parque natural llega al mar por una llanura llamada Les Planes, finalizando en el cabo de San Antonio. Esta zona fue declarada reserva marina el 9 de noviembre de 1993 de interés pesquero, además debido a la riqueza que se encuentra en sus fondos marinos, se declara reserva natural marina por la Ley 11/1994.

3.1.2 Climatología

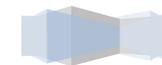
Los datos meteorológicos básicos se han obtenido de la estación meteorológica de Denia-Gata, con unas coordenadas 38°47'33.8" y en un periodo de 10 años, comprendido entre el año 2006 y el 2015, ambos inclusive. La estación que está en el Cabo de San Antonio, es muy interesante por su situación y por ser completa, pero en el año 1968 se vio interrumpida la recogida de datos. Debería de haber una estación meteorológica en el propio Montgó, para obtener una representación exacta, ya que los pueblos próximos de los que se pueden recoger datos tienen una altitud máxima de 163 m.



A continuación, en la Tabla 2, se muestran los datos climatológicos de la zona estudiada.

Tabla 2. Datos climatológicos de la zona estudiada.

	Temp. media (°C)	Temp. max (°C)	Temp. mínima (°C)	Hum media (%)	Radiación (MJ/m ²)	Precipitación media (mm)	PeP Mon	EtP Mon	2*Tm
Enero	9,81	22,60	-2,24	73,30	8,26	76,70	40,44	32,90	19,62
Febrero	10,35	23,24	-1,85	67,84	11,11	25,68	11,50	45,11	20,71
Marzo	12,65	25,76	-0,85	67,19	15,68	60,07	31,74	74,57	25,29
Abril	15,19	27,94	4,08	70,65	18,95	46,90	23,96	94,53	30,37
Mayo	18,21	31,42	6,47	68,96	22,56	23,28	10,20	124,66	36,42
Junio	22,06	33,77	10,14	67,59	25,23	19,03	9,32	146,73	44,12
Julio	25,24	35,32	14,10	68,82	25,50	7,21	3,37	162,75	50,48
Agosto	25,25	36,30	14,70	71,35	21,72	53,77	27,71	139,61	50,50
Septiembre	22,02	32,55	10,36	74,14	16,85	86,62	47,98	95,35	44,03
Octubre	18,41	31,32	5,56	76,79	12,19	122,48	66,12	62,25	36,82
Noviembre	13,56	25,28	1,28	73,60	8,81	101,82	56,37	37,45	27,13
Diciembre	10,11	22,76	-1,77	76,15	7,30	94,59	50,02	26,42	20,22
Media	16,90	29,02	5,00	71,37	16,18	59,79	31,56	86,86	33,81



También se ha analizado la temperatura, precipitaciones y evapotranspiración potencial en el periodo comprendido entre la fecha en que sucedió el incendio; 11-09-2014 hasta la fecha del último muestreo realizado; 23-05-2016.

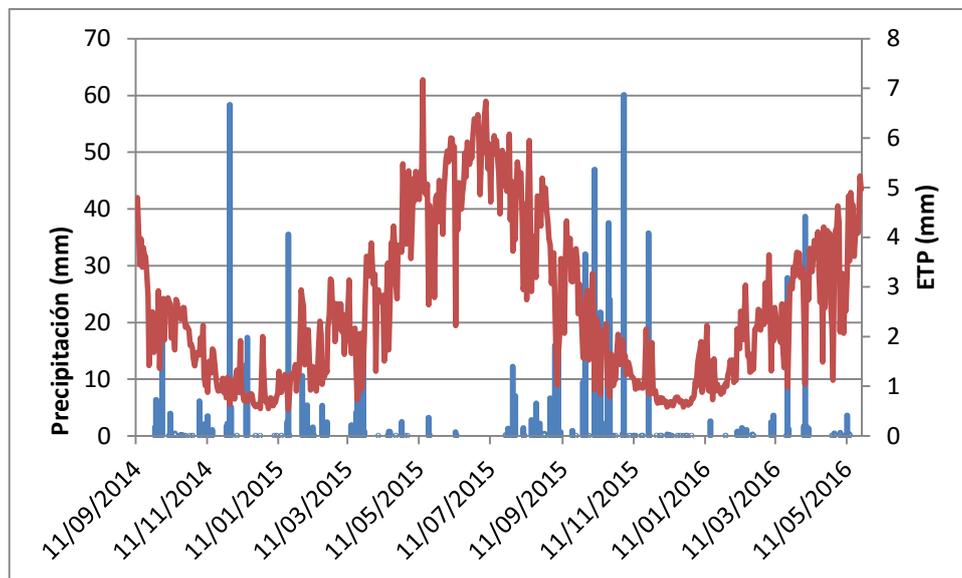


Figura 2. Precipitación y evapotranspiración desde el día del incendio hasta la toma de las muestras.

La evapotranspiración es la evaporación y la transpiración ocurriendo simultáneamente y no hay una manera sencilla de poder distinguir entre los dos procesos. La evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo.

Se puede observar en el gráfico que los días de mayor precipitación, la ETP se encuentra en sus mínimos, explicando así que cuanto mayor cantidad de precipitación haya, menor será la radiación solar llegada a la superficie. Por lo tanto los meses de verano serán los que tengan una mayor ETP.

El día en que ocurrió el incendio no hay precipitación (0 mm) y una ETP de 4,36 mm, no siendo muy alta, pero sí ayudando a que el incendio se propagara antes, conjuntamente con otros factores. En cuanto al día del muestreo, se observa que tampoco hubo precipitaciones y una ETP de 4,93 mm, teniendo así unas condiciones muy parecidas a las del día del incendio.



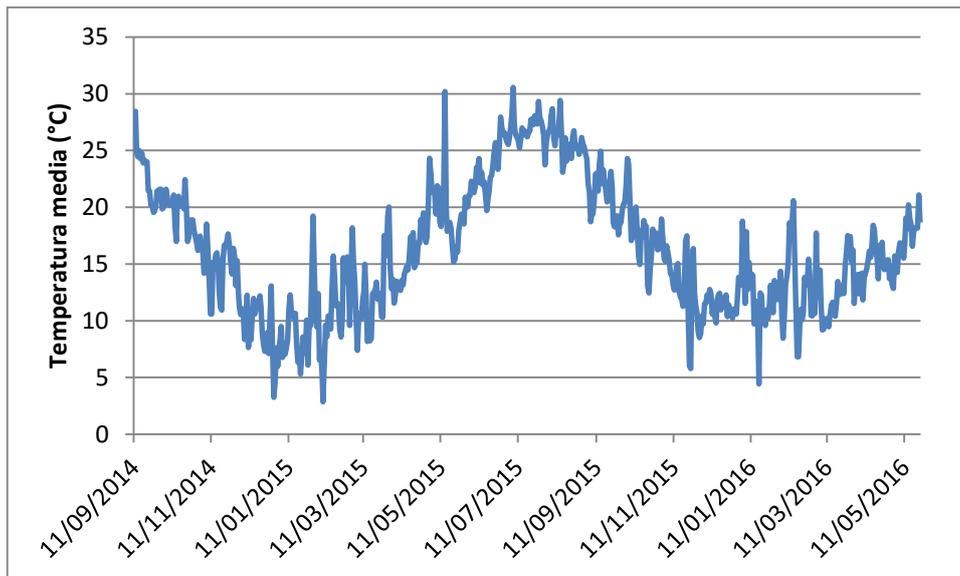


Figura 3. Temperatura media desde el día del incendio hasta la toma de las muestras.

En resumidas cuentas, la gráfica de la temperatura muestra que el día del incendio la temperatura media fue de 26,17°C con una máxima de 35,49°C, propiciado así una propagación más rápida del incendio. El día del muestreo la temperatura media era de 18,68°C, no teniendo mayor importancia para los resultados que más adelante se analizarán.

- **Precipitación**

En el parque natural el principal gradiente es el W-E, con un sector occidental más húmedo y un extremo oriental, la punta del Cap de Sant Antoni, como sector más seco. Es uno de los sectores más lluviosos del territorio valenciano.

La precipitación media anual en el periodo de tiempo estudiado es de 59,79 mm, mientras que el máximo de precipitaciones se encuentra en el mes de octubre con una cantidad de 1224,79 mm y el mínimo en el mes de julio con un 72,14 mm.

Las precipitaciones presentan el típico mínimo estival, y se distribuyen el resto del año de forma que hay un máximo de precipitaciones claramente otoñal.

Es importante también el efecto de criptoprecipitación (precipitaciones ocultas) que se da en la zona de la cumbre, muy abundantes debido a la habitual presencia de nubes. Estas se forman cuando el aire húmedo procedente del Mediterráneo asciende hacia la cima del Montgó y, debido a las temperaturas más bajas que allí se dan, condensa el agua sobre la vegetación y el suelo.



- **Temperatura**

La temperatura media de todos los meses en el periodo de tiempo estudiado es de 16,9°C, siendo el mes más cálido agosto con 25,25°C y el mes más frío enero con 9,81°C. Las medias máximas están por encima de los 20°C mientras que la media mínima llega a alcanzar los - 2,24°C.

En general, se observa una tendencia a aumentar las temperaturas hacia el norte y el oeste del área, probablemente a causa de la diferencia de cota entre las planas litorales del norte y los valles y sierras de altitud mediana en el sur, y principalmente, por el régimen de brisas, que en general, acceden al Montgó desde el sur, canalizándose por el valle del Gorgos.

- **Radiación y humedad**

La media de la radiación es de 16,18 MJ/m², y se puede observar que los meses con mayor radiación incidente son junio y julio con 25,23 y 25,50 MJ/m² respectivamente, mientras que los meses con menos incidencia son enero, noviembre y diciembre con una media de 8,12 MJ/m².

En cuanto a la humedad, la zona estudiada se encuentra en una zona costera, por lo tanto los índices de humedad son relativamente altos, con una media de 71,37%. Se puede observar que la media de las máximas no baja del 97% y la media de las mínimas alcanza como mínimo 19,02% en el mes más cálido, agosto.

- **Encuadramiento bioclimático**

Se han calculado diversos índices para obtener una clasificación más variada y actualizada. Se han calculado los índices representados en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Índices climáticos y clasificación bioclimática de la zona de estudio.

	Resultados	Clasificación
Índice de Lang	35,37	Zona árida
Índice de Martonne	22,22	Cultivos de secano y olivar
Índice de Dantin-Revenge	2,83	Semiárido
Índice de continentalidad	9,14	Hiperoceánico
Clasificación bioclimática UNESCO-FAO		Clima templado Invierno frío

3.1.3 Hidrogeología e hidrología

Como se puede advertir en el mapa de la Figura 4, el macizo del Montgó está predominado por formaciones carbonatadas o volcánicas de permeabilidad media, seguido de formaciones detríticas o cuaternarias de permeabilidad media; formaciones volcánicas de alta permeabilidad. Por el centro de la sierra llegando hasta el cabo de San Antonio predominan las formaciones carbonatadas de permeabilidad alta o muy alta.



IGME - Mapa Hidrogeológico de España a escala 1/200.000

Hidrogeología

- Ia Formaciones carbonatadas de permeabilidad alta o muy alta
- Ib Formaciones carbonatadas o volcánicas de permeabilidad media
- IIa Formaciones detríticas o cuaternarias de permeabilidad alta o muy alta, así como formaciones volcánicas de permeabilidad muy alta
- IIb Formaciones detríticas o cuaternarias de permeabilidad media. Formaciones volcánicas de alta permeabilidad
- IIIa Formaciones metadetríticas de permeabilidad alta. Formaciones detríticas, volcánicas, carbonatadas o cuaternarias de permeabilidad baja
- IIIb Formaciones generalmente impermeables o de muy baja permeabilidad. Formaciones metadetríticas, ígneas o evaporíticas de permeabilidad baja o media
- Masas de agua

Figura 4. Mapa hidrogeológico de la zona de estudio.

En cuanto al plan hidrológico, cabe destacar que en esta zona, los cursos de agua corresponden a una caracterización pluvial mediterránea. Los cursos de agua más importantes del área presentan rasgos mediterráneos semiáridos propios de rambla: cuantiosa evapotranspiración potencial, indigencia y fuerte irregularidad de precipitaciones, elevada concentración horaria de la misma y escasa alimentación subterránea en los ríos. El área se divide en 4 zonas hidrológicas:

1. Vertientes al Barranca de l'Alberca.
2. Vertientes al Río Gorgos.
3. Vertientes a les Rotes y Cap de Sant Antoni.
4. Vertientes directas a Denia.



3.1.4 Edafología

A grandes rasgos, se considera que la variabilidad de los suelos del Montgó es escasa. A nivel jerárquico superior según la Soil Taxonomy (1977), se encuentran tres órdenes de suelo; Entisoles, Inceptisoles y Alfisoles. (Antolín y col., 1991). Según la FAO, el orden de suelo predominante en el Montgó, y más concretamente en la zona de estudio es el Luvisol crómico.

Según el Atlas de Comarcas de Suelos (Figura 5), en la zona estudiada se encuentran materiales del terciario-cuaternario y a su vez del neógeno y cretácico.

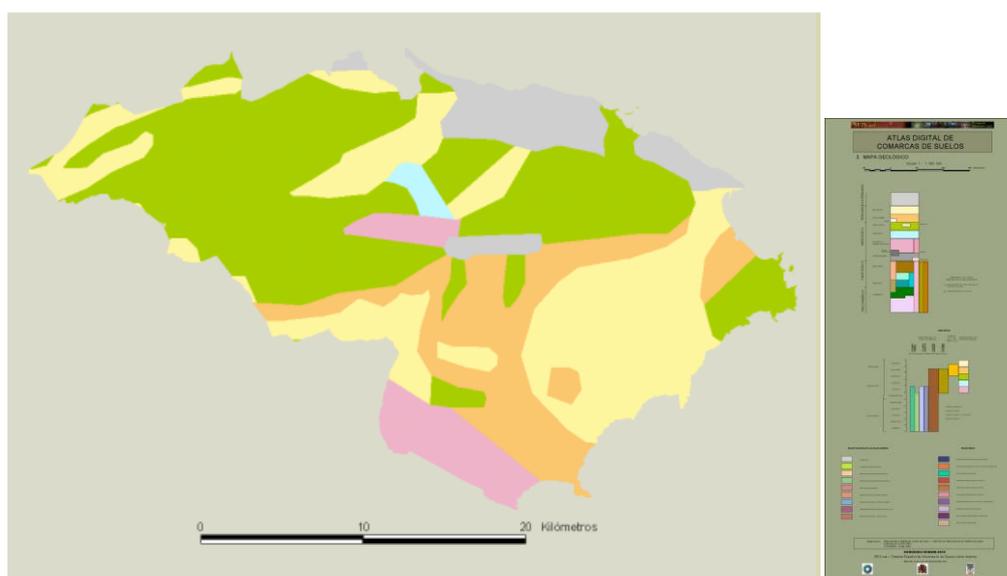


Figura 5. Mapa geológico del Marquesado, zona en la que está la zona de estudio.

El macizo del Montgó pertenece a la última unidad de la cordillera pre-bética que acaba en el cabo de San Antonio. Los materiales que se observan tienen una edad comprendida entre los 70 millones de años del cretácico inferior y lo más nuevos entre 5 y 10 millones de años de las últimas etapas del cuaternario. La estratigrafía es relevante ya que ha hecho que el Montgó sea considerado como Lugar de Interés Geológico (GEOSITE).

La sierra surgió a partir de las fuerzas que se produjeron al colisionar dos placas continentales: la africana y la europea. La estructura es debida a una flexión sinclinal, volcada al norte y truncada por dos fallas, una en el norte (Denia) y otra en el sur (Jávea) de un fuerte desplazamiento vertical y orientación aproximada este-oeste. Por lo tanto se trata de un relieve estructural invertido, de tipo sinclinal en la cima y elevado en su conjunto por las dos fallas indicadas.

Los agentes erosivos (viento, lluvia, nieve, oleaje, etc.) han actuado sobre los diferentes tipos de roca que lo forman, esculpiendo así la morfología que actualmente se puede ver. Las rocas principalmente son de naturaleza caliza,



favoreciendo así la formación de multitud de cuevas, abrigos, lapiazes... etc., debido a fenómenos de karstificación (se trata de disolución de rocas calcáreas por parte del agua).

También caben destacar los acantilados que se precipitan desde las planas del cabo de San Antonio, modelados constantemente por la erosión del mar.

3.1.5 Vegetación

En la sierra del Montgó se pueden encontrar más de 650 especies diferentes que pueblan los distintos hábitats presentes. Para la clasificación se ha utilizado como obra de referencia el trabajo de Pérez Badia (1997) "Flora vascular y vegetación de la comarca de la Marina Alta", libro importante para conocer los distintos biotipos existentes en la comarca, y así pues, en el Montgó.

En el libro utilizado (Soler y col., 2007) la flora se ha organizado por hábitats, pero en este caso se han reunido algunas de las diferentes comunidades vegetales de mayor interés presentes en el territorio dentro de esos hábitats.

- Acantilados litorales

En las comunidades costeras con influencia directa del mar, destaca una asociación de carácter halófilo que coloniza los acantilados elevados. En estas zonas se encuentran especies como *Limonium rigualii*, *L. scopulorum* o *Daucus carota subsp. hispanicus*.

- Vegetación rupícola

Este tipo de vegetación tiene muy buena representación en las paredes calcáreas de la sierra, es bastante interesante en el área y rica en nombrosas especies de interés científico. Se encuentra la comunidad *Hippocrepido-Scabiosetum saxatilis* Rivas Goday ex O. Bolos, una asociación muy abundante en toda la sierra. También se pueden encontrar especies como *Centaurea rouyi* o *Hippocrepis valentina*.

- Runar

Aquí se encuentra un tipo de vegetación adaptada a vivir sobre las rocas, o como en este caso sobre piedras con cierta movilidad. *Centratherus ruber*, *Antirrhinum barrelieri* y

Scrophularia tanacetifolia son algunas de las especies que se pueden encontrar en esta comunidad vegetal.

- Vegetación nitrófila

En este caso, se ve influenciada por la acción humana, diferenciando algunos tipos de vegetación característicos de terrenos removidos o adaptados a una nitrificación del terreno muy superior a la normal, en ese caso se habla de vegetación ruderal y arvense. La vegetación ruderal es la que se da al lado de los caminos, y la más extendida. Una de las comunidades más extendida es la de *Asphodelo fistulosi-Hordeetum leporini* A. & O. Por otro lado la vegetación arvense, es la presente en los campos de cultivo. Se encuentran pocos ejemplos debido a la nula explotación agrícola en la zona, así pues hay especies como *Leucanthemum paludosum* o *Calendula arvensis*.

- Barrancos

Esta vegetación tiene características similares a la runar, pero con más humedad. Especies como *Rubus ulmifolius*, *Vitis vinífera* o *Vinca difformis* son las presentes en estas zonas.

- Pasturajes

Dentro de la vegetación potencial de la zona, este tipo de comunidad constituye la etapa final si la degradación de la vegetación es total. Se pueden encontrar *Brachypodium retusum*, *Teucrium pseudohamaepitys* o *Sedum sediforme var. dianium* entre otras.

- Maquia-Bosque

Esta comunidad será la presente en la zona estudiada después del incendio sucedido en el año 2014. La vegetación potencial de la zona estaría formada por la asociación de *Rubio longifoliae-Quercetum rotundifoliae* Costa, Peris & Figuerola (1983). Las especies que la conforman son las siguientes: *Quercus ilex subsp. rotundifolia*, *Rubia peregrina subsp. longifolia*, *Chamaerops humilis*, *Ceratonia siliqua*. Como a etapa de sustitución regresiva de la asociación anterior, se presenta la maquia, con la asociación dominante de *Quercococciferae-Pistacietum lentisci subass. Rhamnetum angustifoliae*, según Pérez Badia (l.c.) con especies como, *Rhamnus alaternus* o *Pistacia lentiscus*. (Soler y col., 2007)

Estudio a corto plazo de los efectos sobre el suelo del incendio forestal en el Parc Natural del Montgó de septiembre del 2014 | GEMMA HEEREMA PASTOR



En la zona de estudio se llevó a cabo un inventario de especies vegetales. A continuación se muestra la tabla 4 con las especies encontradas en las zonas de estudio, dos años después del incendio de septiembre de 2014.

Tabla 4. Inventario de especies vegetales encontradas en la zona de estudio. Elaboración propia.

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
<i>Allium sphaerocephalon</i> L.	<i>Allium sphaerocephalon</i> L.	<i>Allium sphaerocephalon</i> L.	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	<i>Allium sphaerocephalon</i> L.
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) Beauv.	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	<i>Atractylis humilis</i> L.	<i>Brachypodium retusum</i> L.
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) Beauv.	<i>Chamaerops humilis</i> L.	<i>Atractylis humilis</i> L.	<i>Brachypodium retusum</i> L.	<i>Chamaerops humilis</i> L.
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	<i>Cistus monspeliensis</i> L.	<i>Blupearum rigidum</i> L. subsp. <i>Rigidum</i>	<i>Chamaerops humilis</i> L.	<i>Erica multiflora</i> L.
<i>Chamaerops humilis</i> L.	<i>Erica multiflora</i> L.	<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) Beauv.	<i>Cistus monspeliensis</i> L.	<i>Pinus halepensis</i> Mill.
<i>Convulvulus althaeoides</i> L.	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	<i>Chamaerops humilis</i> L.	<i>Erica multiflora</i> L.	<i>Quercus coccifera</i> L.
<i>Coris monspeliensis</i> L. subsp. <i>Fontqueri</i> Mascl.	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	<i>Cistus monspeliensis</i> L.	<i>Guillonea scabra</i> (Cav.) Cosson	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.
<i>Dorycnium hirsutum</i> L. Ser.	<i>Quercus coccifera</i> L.	<i>Erica multiflora</i> L.	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	<i>Thymus vulgaris</i> L. subsp. <i>Vulgaris</i>
<i>Erica multiflora</i> L.	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	<i>Quercus coccifera</i> L.	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	
<i>Guillonea scabra</i> (Cav.) Cosson	<i>Stipa offneri</i> Breistr.	<i>Ulex parviflorus</i> Pourret	<i>Quercus coccifera</i> L.	
<i>Olea europaea</i> L. var. <i>Sylvestris</i> (mil.) Brot.	<i>Ulex parviflorus</i> Pourret		<i>Thymus vulgaris</i> L. subsp. <i>Vulgaris</i>	
<i>Pallenis spinosa</i> (L.) Cass.			<i>Ulex parviflorus</i> Pourret	
<i>Pinus halepensis</i> Mill.				
<i>Pistacia lentiscus</i> L.				
<i>Quercus coccifera</i> L.				
<i>Ulex parviflorus</i> Pourret				

En cuanto a la recuperación de la vegetación se podría decir que van bien encaminadas las zonas de estudio, ya que se encuentran la mayoría de especies típicas de la comunidad “bosque-maquia”. Más adelante se analizarán las propiedades del suelo para conocer si realmente están evolucionando favorablemente las parcelas de estudio.



4. Metodología de trabajo

Para la realización de este estudio se han escogido cuatro parcelas quemadas en el incendio sucedido en septiembre de 2014 en el macizo del Montgó, y una parcela control (que no fue quemada para así tener una referencia del estado original).

Estas parcelas han sido seleccionadas en base a los análisis realizados recién ocurrido el incendio, para poder comparar con los resultados obtenidos dos años después.

La fecha del muestreo realizado es el 23 de mayo de 2016.

El perímetro de la zona estudiada es de unos 647 metros aproximadamente y las parcelas escogidas tienen las siguientes características:

- **Zona 1 “Pins”:** En este punto antes del incendio estaba compuesta por *Pinus halepensis*. Actualmente es la parcela en la que más pinos están creciendo, y no se encuentran especies como el *Rosmarinus officinalis*. Todas las parcelas de estudio están compuestas por *Chamaerops humilis* (debido a su gran resiliencia). En esta zona todavía se encuentran cenizas a pesar del tiempo pasado desde el incendio.
 - **Coordenadas:** N 38° 48' 11,7" E 000° 09' 42,8"



Figura 6. Fotografía zona 1.



- **Zona 2:** En esta parcela empiezan a haber especies que no se encontraban en la parcela anterior como es el *Rosmarinus officinalis*, pero la cantidad de *Pinus halepensis* va disminuyendo a partir de esta parcela. Aquí todavía se encuentran cenizas.
 - **Coordenadas:** N 38° 48' 11,5" E 000° 09' 40,3"



Figura 7. Fotografía zona 2.

- **Zona 3:** Los pinos han disminuido notablemente, quedando muy pocos en esta zona. Se encuentran especies como el *Thymus vulgaris*. Aquí las cenizas están mezcladas con el suelo.
 - **Coordenadas:** N 38° 48' 10,7" E 000° 09' 38,8"



Figura 8. Fotografía zona 3.



- **Zona 4:** La presencia de *Pinus halepensis* en esta parcela es nula, se encuentran especies como el *Thymus vulgaris* o el *Rosmarinus officinalis* en abundancia. Como en la zona de estudio anterior, las cenizas se encuentran mezcladas con el suelo.
 - **Coordenadas:** N 38° 48' 10,3" E 000° 09' 37,6"



Figura 9. Fotografía zona 4.

- **Zona 5:** Esta es la parcela de control, la zona que se ha escogido porque no ha sido afectada por el incendio y por la gran proximidad a las parcelas si afectadas. Aquí se pueden encontrar todas las especies típicas de la zona si alterar, como serían el *Pinus halepensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* o *Quercus coccifera*.
 - **Coordenadas:** N 38° 48' 09,3" E 000° 09' 35,3"



Figura 10. Fotografía zona 5 (control).

3.2.1 Material empleado en el muestreo

- **GPS portátil.** Esta herramienta de trabajo ha sido utilizada para la localización y referenciación en un punto geográfico de las parcelas de estudio. También se han obtenido otros datos como la altitud y la orientación.
- **Cámara de fotos.** Se ha empleado para la realización de fotografías de las parcelas y de las especies allí presentes.
- **Pizarra.** Utilizada para designar cada parcela con su nombre correspondiente y la fecha del muestreo.
- **Bolsas de plástico/Permanente.** Utilizados para conservar las muestras y a su vez designarlas.



Figura 11. Muestras de suelo recogidas en la zona de estudio.

- **Azada.** Ha permitido la extracción de muestras del suelo.
- **Espátula.** Para la recogida de muestras del suelo y de cenizas.
- **Cinta métrica.** Para conocer la profundidad a la que se están cogiendo las muestras.
- **Cilindros contenedores numerados.** Para la toma de la muestra inalterada directamente del suelo.
- **Sonda WET.** Es un sensor de medida directa en el campo que permite conocer la humedad, la temperatura y la conductividad eléctrica.

3.2.2 Metodología empleada en el laboratorio

Una vez recogidas las muestras, se procede al análisis de los parámetros del suelo que puedan dar información a la hora de conocer la evolución del suelo. Los métodos utilizados para el suelo son los siguientes:

- **Determinación de elementos gruesos y finos.** Se colocan las muestras en una bandeja y se disgregan con la mano los terrones existentes, después con la ayuda de un rodillo se acaban de disgregar de forma mecánica. Por último mediante un tamizado, se separan los elementos gruesos de los finos.

Estudio a corto plazo de los efectos sobre el suelo del incendio forestal en el Parc Natural del Montgó de septiembre del 2014 | GEMMA HEEREMA PASTOR



- **Humedad.** Se coloca una muestra representativa del suelo en un recipiente adecuado previamente tarado, se pesa y se seca en una estufa a 105°C. después se enfría y se vuelve a pesar. El contenido en humedad en porcentaje se representa como: $Humedad\% = \frac{P - P_f}{P} \times 100$
- **Textura.** Se pesan 40 g de suelo y se coloca en un vaso de 600 mL con 100 mL de la solución de hexametáfosfato sódico y 200 mL de agua destilada. Después se usa el agitador para batir la muestra y se transfiere a una probeta de 1000 mL. Con la ayuda de un densímetro se mide la densidad a los 30 segundos, a los 60 y después a los 3, 10, 30 y 90 minutos y por último después de 8 horas. Y posteriormente se ha utilizado el triángulo que sigue los criterios ISSS (International Society of Soil Science) para conocer la clase textural del suelo.

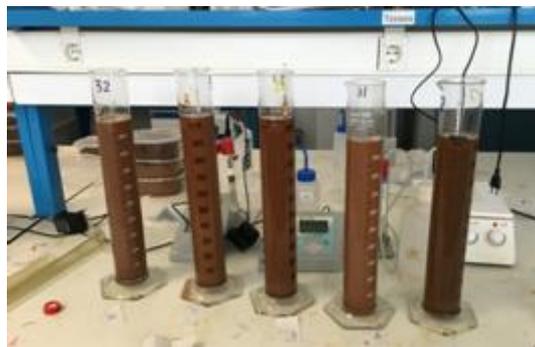
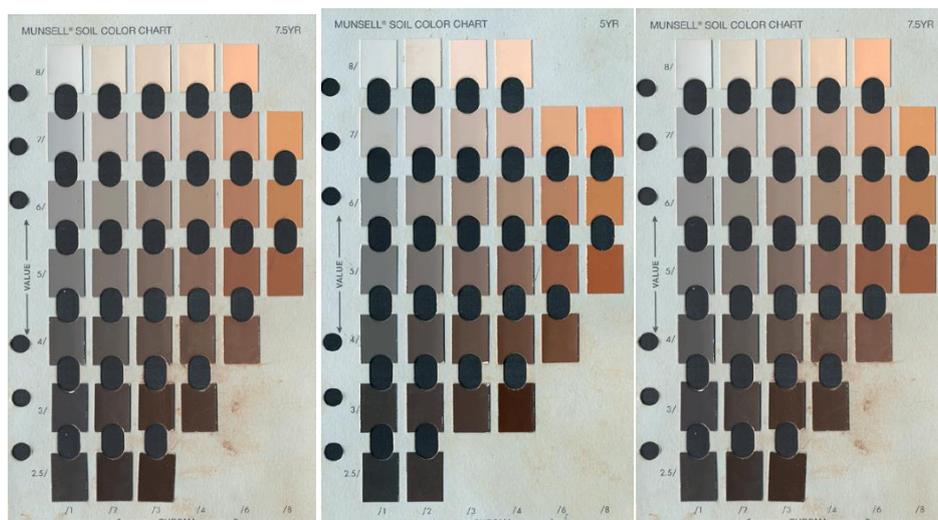


Figura 12. Análisis de la textura mediante densímetro.

- **Color.** Un color queda definido por tres variables: matiz, brillo y saturación. El matiz está determinado por la longitud de onda dominante, el brillo por la pureza del matiz por unidad de superficie y la saturación es la intensidad relativa del color espectral dominante, es decir de la intensidad del matiz. El color se ha medido comparando las muestras con las tablas Munsell.



Figuras 13. Páginas de las tablas Munsell utilizadas para determinar el color del suelo y de las cenizas.

- **Carbonatos.** Se han pesado de 0,5 a 1 g de tierra fina que se ponen en el matraz colector junto con un tubito de vidrio con 5 mL de HCl 1:1. Se inclina el matraz para que reaccione con el suelo y se mide con el desnivel de la columna manométrica que dará una idea del nivel de CaCO_3 en el suelo. Se ha utilizado el calcímetro de Bernard.
- **pH.** Se pesan 10 g. de suelo y se añaden 25 mL de agua destilada, se agita con una varilla y después se determina con la ayuda de un pH-metro.

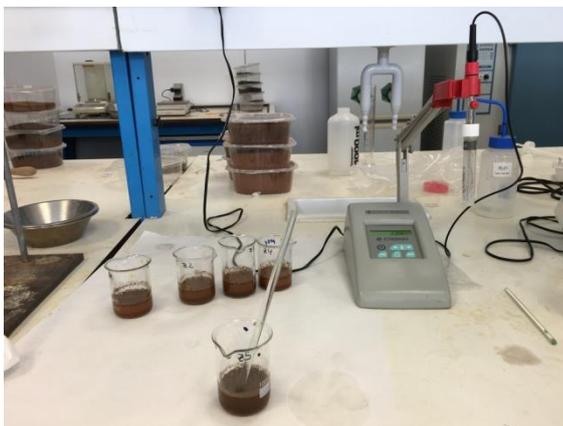


Figura 14. Medida del pH de las muestras de suelo.

- **Conductividad eléctrica (prueba previa).** Se pesan 10 g de suelo seco, se añaden 50 mL de agua destilada y después se agita. Posteriormente se determina con la ayuda de un conductímetro.
- **Materia orgánica.** Realizada con el método del Walkey y Black, que consiste en la oxidación con dicromato potásico utilizando el calor de reacción del sulfúrico. Se pesa 1 g de tierra fina y se pasa a un erlenmeyer de 250 mL, se añaden 10 mL de dicromato potásico 1N, se agita y se añaden 20 mL de ácido sulfúrico. Se deja enfriar y se añaden 10 mL de H_3PO_4 y se agita, después se agregan 4 ó 5 gotas del indicador y se valora con sulfato ferroso amónico seis hidrato 0,5N hasta que el color cambie de rojo a verde vino.
- **Extracto de saturación.** Se pesan 250 g de suelo seco al aire, añadiendo poco a poco agua destilada, mezclando y agitando con una espátula hasta que se alcance el punto de saturación. Después se transfiere la pasta al embudo Buchner hasta conseguir la solución. Se mide la conductividad y el pH, y los cationes se han medido por fotometría de llama.

Las cenizas para poder recogerlas se deben separar previamente de la fracción suelo para coger únicamente éstas. Para el análisis de las cenizas se han utilizado los siguientes métodos extraídos de (Cerdà y col., 2010):

- **pH.** Se ha determinado con la ayuda de un pH-metro. Se han de pesar 6 g de muestra en una balanza de precisión. Después se añaden 36 mL de agua destilada y se agitan durante dos horas. Por último, se realiza la medición.
- **Conductividad eléctrica.** Se ha determinado con la ayuda de un conductímetro. El proceso utilizado es el mismo el del pH.

- **Color.** Se pulveriza 1 g de muestra para que se torne homogénea y después se compara con las tablas Munsell.
- **Materia orgánica.** Se ha utilizado el mismo método que en el suelo.
- **Repelencia al agua (hidrofobicidad).** Test de tiempo de penetración del agua (Water Drop Penetration Time (WDPT) (Cerdà y Doerr, 2008; Bodí y col., 2009). Consiste en depositar sobre la superficie del material tres gotas de agua destilada en cada muestra y anotar el tiempo que se requiere para su completa absorción.
- **Carbonatos.** Se ha utilizado el método del calcímetro de Bernard para la determinación de los carbonatos. Consiste en tomar 1g de cenizas pulverizadas y mezclarlo con 0,2 mL de solución hidrociorhídrica en un erlenmeyer. El volumen de CaCO_3 fue calculado por la diferencia entre el volumen de CO_2 observado antes y después de introducir la muestra.



5. Resultados y discusión

En este trabajo se pretende estudiar la evolución de las propiedades suelo tras el paso del incendio forestal sucedido en el año 2014 en el Parc Natural del Montgó. En este apartado se muestran los resultados de los análisis de las propiedades del suelo realizados en las parcelas de estudio, la comparación de los datos recogidos después del incendio con los recogidos dos años después mediante gráficos, explicaciones.

Se han escogido unos determinados parámetros para el estudio llevado a cabo, tanto para el suelo como para las cenizas.

La gran ventaja de realizar estudios sobre fuegos fortuitos es que los datos provienen de un hecho real y no ficticio como puede ser un ensayo de laboratorio. La desventaja reside en que por mucho que se comparen con los de una parcela control queda la duda de si los valores de partida eran idénticos.

En el suelo, el fuego actúa de manera indirecta al destruir la cubierta vegetal, de modo que se produce un aumento en la intensidad de los procesos erosivos, pero también de forma directa mediante cambios en su composición química y en sus propiedades físicas (Mataix-Solera y Guerrero, 2007). Una evolución del suelo favorable es imprescindible para la total recuperación del ecosistema. El principal objetivo de un suelo alterado, es volver a su estado original, y si no original con unas características similares, para así poder tener un rendimiento similar al que tenía anteriormente.

El análisis de las cenizas, es un tema un poco tedioso, porque hoy en día no se han hecho muchos. Tras un incendio forestal el suelo queda cubierto de cenizas, y a pesar de la reducida masa que representan en el ecosistema, tienen una gran importancia en la evolución del suelo post-incendio. Los procesos erosivos e hidrológicos están muy relacionados con el comportamiento de las cenizas. Después del incendio, ejercen la función de acolchado, evitando que el suelo sea fuente de sedimentos y de escorrentías. También se ha comprobado que las cenizas generadas a baja temperatura, y de algunas especies concretas como *Pinus halepensis* y *Quercus coccifera*, pueden ser repelentes al agua (Bodí y col., 2009), factores que resultan en un incremento de la escorrentía.

A pesar de la importancia que tienen las cenizas en el ecosistema después de un incendio, pocos son los estudios que se han dedicado a ellas. Para dar a conocer un poco más las cenizas se deja una definición a continuación: De una forma simple se puede afirmar que las cenizas son el residuo producido por el fuego o el residuo inorgánico que queda después de la combustión de la materia vegetal (Demeyer y col., 2001; Zhou, 2003; Block y Van Rees, 2004). Otros incluyen el residuo orgánico semipirolizado, derivado de quemas controladas e incendios forestales (Greene, 1988; Naik y Kraus, 1999; Mandre, 2006). Para la realización de este trabajo se ha considerado que las cenizas son el resultado del residuo orgánico e inorgánico producido por el fuego, como consecuencia de la oxidación de la materia orgánica.

A continuación se explicarán uno por uno los parámetros estudiados a fin de conocer cómo ha sido la evolución de las propiedades del suelo en el Parc Natural.

Estudio a corto plazo de los efectos sobre el suelo del incendio forestal en el Parc Natural del Montgó de septiembre del 2014 | GEMMA HEEREMA PASTOR



5.1. Análisis de las propiedades del suelo

5.1.1. Humedad- Temperatura

La humedad y la temperatura son factores importantes para conocer el estado de un suelo. La humedad indica la cantidad de agua que queda retenida en los poros del suelo, y que por lo tanto puede estar disponible o no para las plantas. Mientras que la temperatura afecta a la mayoría de los parámetros del suelo, aumentando o disminuyéndolos. En el caso de la humedad, cuanto mayor sea la temperatura del suelo, menor humedad habrá debido a la evaporación del agua provocada por el aumento de la temperatura.

A continuación se muestra un gráfico con la humedad y temperatura de las cinco parcelas estudiadas, y en los dos años de muestreo. Esta medición ha sido in-situ, con la sonda WET. En este caso, la diferencia de temperatura y de humedad de un año a otro no sería representativa ni de mayor importancia, ya que la primera medición se hizo en octubre y la segunda en mayo, por lo tanto, aquí la influencia del clima atmosférico es relevante, alterando la humedad y temperatura del suelo.

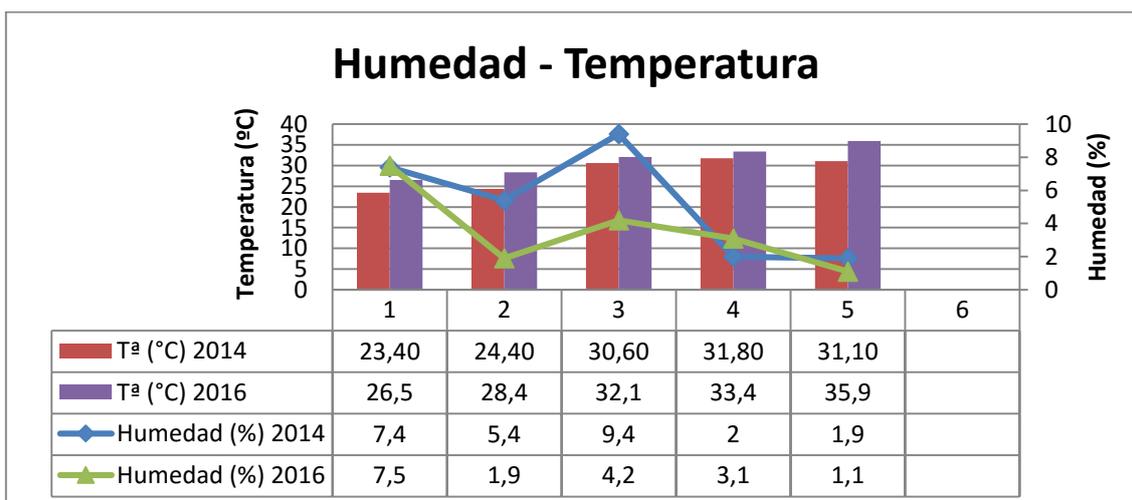


Figura 15. Gráfico en el que se compara la humedad y la temperatura en los años 2014 y 2016.

5.1.2. Textura

La textura hace referencia al porcentaje de arena, limo y arcilla que tiene un suelo. Esta propiedad influye en la aireación, la capacidad de retención de agua y la capacidad de retención de nutrientes del suelo.

En el año 2014, las parcelas de las zonas quemadas tienen una clase textural franco-arcillo-limosa, dicha clase tiene un mayor porcentaje de limo, lo que indica que hay un grado más alto de impermeabilidad. El siguiente porcentaje más alto en todos los puntos de muestreo es el de arcilla. Cuanto mayor es el contenido en arcillas el suelo

retiene más agua y nutrientes. Un contenido excesivo en arcillas conlleva suelos encharcados, mal aireados y un difícil drenaje. La zona control tiene una clase textural franco-arcillosa, con características parecidas a las zonas anteriores.

En el año 2016, dos años después del incendio se puede observar que la cantidad de arena ha aumentado notablemente en todos los puntos, excepto en la zona control. Por lo tanto, el limo y la arcilla han disminuido sus porcentajes. La clase textural sigue siendo de base franco arcillosa para todas las zonas de estudio, tanto ahora como en el muestreo de 2014. La diferencia más importante es que en los puntos 2 y 3 se encuentra una mayor cantidad de arena, esto hace que retenga menos la humedad, y que disminuya la fertilidad del suelo. El punto 5 se mantiene con una textura franco-arcillosa, por tanto, con el paso del tiempo no se ha visto afectada su composición porcentual en elementos minerales. Lo sucedido en los puntos 2 y 3 puede ser debido a una posible erosión, con pérdida de partículas finas.

Tabla 5. Textura de los suelos en el año 2014 y 2016.

Año 2014

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
	Con pino	Con pino	Sin pino	Sin pino	No quemada
Arena (%)	15	12	20	13	20
Limo (%)	45	48	42	49	45
Arcilla (%)	40	40	38	38	35
Clase textural	Franco-arcillo-limosa	Franco-arcillo-limosa	Franco-arcillo-limosa	Franco-arcillo-limosa	Franco-arcillosa

Año 2016

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
	Con pino	Con pino	Sin pino	Sin pino	No quemada
Arena (%)	36	58	46	36	22
Limo (%)	27	22	28	28	50
Arcilla (%)	37	20	26	36	28
Clase textural	Franco-arcillosa	Franco-arcillo-arenosa	Franco-arcillo-arenosa	Franco-arcillosa	Franco-arcillosa



5.1.3. Muestra inalterada: Densidad aparente, porosidad y humedad

La muestra inalterada de un suelo es aquella que tiene la misma disposición que en su lugar de origen, por tanto la muestra no ha sufrido ninguna alteración de tipo físico.

La densidad aparente de un suelo se define como la relación entre la masa de suelo seco y el volumen ocupado por las partículas sólidas y por el espacio poroso (poros llenos de aire y de agua). La porosidad del suelo se define como el porcentaje del volumen total del suelo ocupado por poros. La humedad del suelo se determina por la diferencia de peso entre la muestra de suelo húmeda y la muestra de suelo seca en estufa a 105°C.

Tabla 6. Datos de la densidad aparente, porosidad, humedad volumétrica y humedad gravimétrica de los suelos en el año 2014, 2016 y comparativa 2014-2016.

Año 2014

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
Densidad aparente (g cm ⁻³)	1,73	nd	1,66	1,98	1,83
Porosidad	0,35	nd	0,37	0,25	0,31
Humedad gravimétrica (g g ⁻¹)	0,03	nd	0,05	0,02	0,03
Humedad volumétrica (cm ³ /cm ³)	0,06	nd	0,09	0,05	0,05

nd: no determinada.

Año 2016

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
Densidad aparente (g cm ⁻³)	1,02	0,76	1,03	1,17	1,14
Porosidad	0,61	0,71	0,61	0,56	0,57
Humedad gravimétrica (g g ⁻¹)	0,06	0,03	0,07	0,05	0,06
Humedad volumétrica (cm ³ /cm ³)	0,06	0,02	0,08	0,06	0,07

Comparativa 2014-2016

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
Densidad aparente (g cm ⁻³)	0,71	-	0,63	0,82	0,69
Porosidad	-0,27	-	-0,24	-0,31	-0,26
Humedad volumétrica (cm ³ /cm ³)	0,00	-	0,01	-0,01	-0,01
Humedad gravimétrica (g g ⁻¹)	-0,03	-	-0,02	-0,03	-0,03

En la tabla 6 se muestra la comparación de los parámetros más importantes medidos de la muestra inalterada. En primer lugar, se encuentra la densidad aparente, que el primer año muestra valores de 1,6 a 1,9 g/cm³, indicando que el suelo tiene una textura fina, en cambio en el año 2016, los valores van de 1 a 1,2 g/cm³, siendo la textura más gruesa. Se observa en la tabla de comparación que la diferencia entre ambos muestreos es bastante grande siendo los resultados del primer año mayores.

En cuanto a la porosidad, se observa que ha aumentado conforme ha pasado el tiempo, especialmente la macroporosidad. El muestreo realizado después del incendio tiene una porosidad media del 30%, correspondiente a texturas más finas. En cuanto a la porosidad del año 2016, la media es de aproximadamente un 60%, indicando que es un suelo de textura más gruesa. Un suelo medio presentaría una porosidad del 50%.

Por último, en relación a la humedad (volumétrica y gravimétrica), indicar que para ambas se puede observar que la diferencia no es muy relevante, es decir, que la humedad no ha cambiado de manera significativa en los dos años del periodo de estudio. Para que un suelo esté saturado la humedad gravimétrica debe oscilar entre 0,3 y 0,6, en este caso, la media de los dos años es de aproximadamente 0,05, es decir, que el suelo está muy seco.

Con la muestra inalterada se ha podido observar que en el primer muestreo realizado el suelo era de textura más fina y con una humedad muy baja, mientras que en el segundo muestreo la textura pasó a ser más gruesa y con un suelo todavía seco. Esto puede ser debido a que después del incendio había un mayor número de partículas finas mientras que actualmente han sufrido una erosión por falta de cubierta vegetal y han perdido las partículas de limo a arcilla que son las más erosionables en estas condiciones.

5.1.4. Color

El color del suelo viene definido en gran medida por los minerales que componen los materiales presentes en cada uno de los horizontes. En este trabajo el color se ha determinado tanto en suelo húmedo como en seco, utilizando las tablas Munsell. La medida del color es muy subjetiva al ojo de cada persona que lo esté analizando, por eso la misma muestra de suelos podría variar el valor en algún grado de pureza y brillo. A continuación se muestran los datos obtenidos para el color en el último muestreo realizado, en el año 2016. No se puede comparar con el muestreo anterior por falta de datos.

Tabla 7. Color de los suelos según las tablas Munsell.

	SUELO SECO	SUELO HUMEDO
	Matiz brillo/Saturación	Matiz brillo/Saturación
PUNTO 1	5 YR 4/6	7,5 YR 3/4
PUNTO 2	7,5 YR 4/6	7,5 YR 3/4
PUNTO 3	7,5 YR 4/6	7,5 YR 3/4
PUNTO 4	5 YR 4/6	5 YR 3/4
PUNTO 5	7,5 YR 3/4	7,5 YR 3/3



5.1.5. Carbonatos

La principal fuente de calcio de los suelos es el carbonato cálcico, encontrándose en los suelos en proporciones muy variables. Los carbonatos tienen una acción positiva sobre la actividad de los microorganismos y sobre la estructura del suelo, pero en exceso puede traer problemas en la asimilación de nutrientes por parte de la vegetación. El contenido total de carbonatos en el suelo no nos da una idea exacta de sus efectos en el suelo, pero por ejemplo, los suelos ricos en carbonatos y con pH próximo a 8 suelen tener mucho carbonato cálcico.

Tabla 8. Contenido en carbonatos de los suelo en las zonas de estudio en el año 2014 y 2016.

Año 2014

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
Carbonatos (%)	0,35	0,72	1,09	0,9	3,26

Año 2016

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
Carbonatos (%)	1,12	3,32	0,5	0,99	1,02

A grandes rasgos, el porcentaje de carbonatos en todos los puntos y en las dos fechas de muestreo es menor de 5, indicando que la cantidad de carbonatos presente en el suelo es muy baja. De un año a otro, por lo general, el porcentaje de carbonatos ha aumentado, siendo un punto positivo para la recuperación del suelo, porque hará que aumente la cantidad de carbonato cálcico. Aunque en los puntos 3 y 5 ha disminuido notablemente la cantidad, podría ser debido, y sobre todo en el punto 5, a que los resultados no han salido bien, debido a que en el punto de control no debería de haber bajado el porcentaje, debería de haberse mantenido o aumentado.

5.1.6. pH

El pH mide el grado de acidez del suelo, es decir, la concentración de H^+ o H_3O^+ , existentes en el suelo. Un pH de 7 es un suelo neutro, en la escala el valor máximo es 14, por debajo de 7 es un suelo ácido y por arriba, un suelo básico. Este parámetro influye en el suelo determinando un distinto desarrollo de los microorganismos, influye en la capacidad de adsorción de cationes, en las distintas solubilidades en los elementos nutritivos y en la velocidad de los procesos de humificación y de mineralización.



Tabla 9. pH de los suelos en los años 2014 y 2016.

Año 2014

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
pH	7,78	7,7	7,91	7,62	7,67

Año 2016

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
pH	7,56	7,68	7,49	7,28	7,19

En este caso, en ambos muestreos se puede observar que el pH en todas las parcelas de estudio es superior a 7, y por lo tanto se trata de suelos medianamente y moderadamente básicos según Rioja Molina, A. (2002). Las características principales de estos suelos son las siguientes:

- Tienen un alto contenido en bases de cambio: Ca^{2+} , Mg^{2+}
- Por la presencia de carbonato cálcico presentan bloqueos que dificultan la asimilación del hierro, manganeso y zinc.
- Si hay carbonato sódico aparecen problemas de impermeabilidad y compacidad.

En el periodo de tiempo transcurrido entre un muestreo y el otro, se puede observar que las diferencias son mínimas, por lo tanto que el pH no se ha visto afectado en la evolución del suelo post-incendio.

5.1.7. Conductividad eléctrica

La salinidad del suelo hace referencia a las sales más solubles que el yeso que tiene un suelo y se estima con la medida de la conductividad eléctrica de una disolución agua:suelo (1:5). Cuando la conductividad eléctrica se mide en el extracto 1:5 se denomina prueba previa. Los suelos con elevada conductividad eléctrica impiden el buen desarrollo de la vegetación. Los principales cationes que dan origen a la salinidad son: sodio, calcio, magnesio y potasio, y los principales aniones son: sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos.

La tabla 10 recoge, de acuerdo con Shaw y col. (1999) la relación entre la conductividad eléctrica y el efecto posible de la salinidad en los cultivos. Esta tabla tiene en cuenta el porcentaje de arcilla del suelo.



Tabla 10. Interpretación de la conductividad eléctrica (prueba previa). Fuente: Shaw y col. (1999).

Evaluación	Conductividad eléctrica (1:5) dS m ⁻¹ a 25 °C				Cultivos posibles
	10-20% a	20-40% a	40-60% a	60-80% a	
Muy bajo	<0,07	<0,09	<0,12	<0,15	Sensibles (hortícolas)
Bajo	0,07-0,15	0,09-0,19	0,12-0,24	0,15-0,30	Moderadamente sensibles
Medio	0,15-0,34	0,19-0,45	0,24-0,56	0,30-0,70	Moderadamente tolerantes
Alto	0,34-0,63	0,45-0,76	0,56-0,96	0,70-1,18	Tolerantes
Muy alto	0,63-0,93	0,76-1,21	0,96-1,53	1,18-1,87	Muy tolerantes
Extremo	>0,93	>1,21	>1,53	>1,87	Generalmente demasiado salino

a= % de arcilla

En la tabla 11 se puede observar que para todas las zonas estudiadas la conductividad eléctrica era mayor en el año 2014. Se puede observar que en los puntos 2, 3, 4 y 5 la conductividad eléctrica ha disminuido, debido al lavado del suelo por la falta de cobertura vegetal y la eliminación de las cenizas iniciales.

En el caso de la conductividad eléctrica, se ha visto una evolución favorable con el paso del tiempo, al perder las cenizas iniciales que producen un incremento de la CE. El suelo sigue no es salino, pero aún así ha disminuido la concentración, siendo esto un paso importante de la evolución del suelo. Evolucionando de manera correcta.

Tabla 11. Conductividad eléctrica de los suelos en los años 2014 y 2016.

Año 2014

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
CE (dS/m)	0,28	0,37	0,27	0,36	0,17

Año 2016

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
CE (dS/m)	0,27	0,12	0,14	0,17	0,09



5.1.8. Materia orgánica

La materia orgánica es la cantidad de restos orgánicos que se encuentran alterados y que por lo tanto pueden dar lugar a un aumento en el contenido en nutrientes del suelo.

Tabla 12. Materia orgánica de los suelos en los años 2014 y 2016.

Año 2014

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
MO (%CO)	2,77	4,33	3,33	3,12	3,73

Año 2016

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
MO (%CO)	3,61	3,08	3,51	3,24	5,63

Del 2014 al 2016 en la mayoría de parcelas el porcentaje de materia orgánica oxidable ha aumentado, siendo un punto positivo más para la evolución del suelo después del incendio. Aunque hay que recalcar que el aumento no ha sido muy elevado, donde más diferencia se encuentra es en el punto de control (punto 5). En el año 2014 los puntos 1, 3 y 4 tienen un nivel de materia orgánica alto, mientras que el 2 y el 5 muy alto.

En el año 2016 los puntos 2 y 4 tienen un nivel de materia orgánica alto, mientras que el resto muy alto. La interpretación de los resultados ha sido obtenida según Rioja Molina, A. (2002).

Los cambios cuantitativos de la materia orgánica son difíciles de interpretar y varían en función no sólo de las características del fuego, sino del tipo de suelo, la orografía y vegetación.

5.1.9. Extracto de saturación

El análisis de la pasta saturada, consiste en la saturación de los poros del suelo con agua destilada, para así conocer diversos parámetros del suelo en estas condiciones. En este caso se ha analizado el Cl, Na, K, Ca y conductividad eléctrica.

De este análisis solamente se tienen datos del año 2016, muestreo realizado como se ha dicho anteriormente el 23-05-16.

Estudio a corto plazo de los efectos sobre el suelo del incendio forestal en el Parc Natural del Montgó de septiembre del 2014 | GEMMA HEEREMA PASTOR



La tabla 13 recoge el posible efecto de la salinidad sobre los cultivos. En esta tabla se considera que la conductividad eléctrica se ha obtenido en el extracto de pasta saturada.

Tabla 13. Interpretación de la conductividad eléctrica en el extracto de saturación.

Clases de salinidad del suelo	Conductividad eléctrica (dS/m)	Efectos sobre las plantas cultivadas
No salino	0-2	No se producen efectos por la salinidad
Ligeramente salino	2-4	Los rendimientos de las plantas sensibles pueden ser restringidos
Moderadamente salino	4-8	Los rendimientos de muchos cultivos son restringidos
Fuertemente salino	8-16	Solamente cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente
Muy fuertemente salino	>16	Solamente unos pocos cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente

La tabla 14 recoge una clasificación del contenido en diferentes iones en el extracto de pasta saturada.

Tabla 14. Clasificación de diferentes iones en extracto de pasta saturada. Fuente: Consultoría agrícola y medio ambiental. (www.csr.servicios.es)

Elemento	Bajo	Normal	Alto
Cloruros (meq/L)	<5	<15	>25
Sodio (meq/L)	-	<7	>15
Potasio (meq/L)	<1	>2	>5
Calcio (meq/L)	<5	>5	>20

Como puede observarse en la tabla 15, los cloruros en todas las parcelas estudiadas tienen un valor menor que 5, indicando según la tabla con la que se ha comparado, que tienen una baja concentración. El sodio tiene un valor normal, siendo todos los resultados menores que 7. En cuanto al potasio, todos los puntos tienen una concentración baja, siendo un poco mayor la del punto 1, y la menor la del punto de control (el 5). El último elemento analizado es el calcio, que según se indica en la tabla, todos los resultados menos de 5 son por tener una concentración baja de este elemento. Por último, se analizará la CE. Se puede observar que todos los resultados obtenidos son menores que 1 dS/m, siendo por ello una baja conductividad eléctrica, excepto en el punto 1 donde la presencia de cenizas produce un incremento de la CE. Así pues no afectará a la vegetación.



Tabla 15. Concentración de los iones analizados en el extracto de pasta saturada en el año 2016.

	Cl (meq/L)	Na (meq/L)	K (meq/L)	Ca (meq/L)	Conductividad eléctrica (dS/m)
PUNTO 1	1,64	1,83	1,04	2,45	1,84
PUNTO 2	1,10	0,79	0,18	1,14	0,67
PUNTO 3	1,35	1,26	0,88	1,07	0,81
PUNTO 4	1,92	1,04	0,53	1,37	0,89
PUNTO 5	1,04	0,57	0,14	0,91	0,45

5.2. Análisis de las propiedades de las cenizas

A continuación se presentan la interpretación del análisis realizado sobre los parámetros de las cenizas, con tal de tener información adicional sobre la evolución del suelo afectado por el incendio. Estos análisis han sido realizados en el año 2016, por lo tanto no habrá comparación. Otro dato importante es que sólo se encontraron cenizas en los dos primeros puntos de la zona de estudio.

5.2.1. pH

Según Pereira (2006) las cenizas producidas en laboratorio a una temperatura de 150-300°C, tienen un pH que varía entre 4 y 6, y en estas condiciones algunos micronutrientes pueden ser liberados en mayor cantidad. Otro caso es el del Al^{3+} o Mn^{2+} a temperaturas medias de exposición (350-400 °C), con pH de 7-8, Ca^{2+} y Mg^{2+} presentan una solubilidad más elevada, como es en este caso.

Normalmente se experimenta una reducción importante de micronutrientes en solución, cuanto más elevado sea el pH.

Tabla 16. pH de las cenizas en el año 2016.

	Punto 1	Punto 2
pH	7,88	7,57



5.2.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica indica la salinidad presente en el suelo. En este caso la conductividad es similar a la del suelo (prueba previa). Principalmente las cenizas son procedentes de la vegetación quemada, pero este alto contenido en sales podría deberse en parte a factores como el apagado del fuego con agua del mar.

Tabla 16. Conductividad eléctrica de las cenizas en el año 2016.

	Punto 1	Punto 2
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,57	0,96

5.2.3. Color

La ventaja de este método es que permite observar la evolución del color en función de la temperatura alcanzada en el incendio y según las especies vegetales quemadas. A su vez, el valor Croma (o saturación) sirve para estimar la severidad del fuego. A continuación se muestra la Tabla con los resultados obtenidos, y la página correspondiente de la carta de color Munsell:

Tabla 17. Color de las cenizas según las tablas Munsell en el año 2016.

	Matiz brillo/Saturación
PUNTO 1	7,5 YR 6/1
PUNTO 2	7,5 YR 6/1

Ambas muestras del suelo han obtenido el mismo resultado, un matiz de 7,5 YR, brillo de 6 y saturación 1.

Encontrar cenizas blancas o grises, indican una mayor severidad porque presentan mayor intensidad.

5.2.4. Materia orgánica

El fuego es un agente mineralizador de la materia orgánica dejando los nutrientes disponibles para su asimilación, siendo así que los incendios pueden suponer una fertilización del suelo en muchas ocasiones.



Tabla 18. Contenido en materia orgánica de las cenizas en el año 2016.

	Punto 1	Punto 2
C. orgánico (%)	3,86	3,95
MO (%)	7,72	7,90

5.2.5. Repelencia al agua (hidrofobicidad)

Se ha utilizado el método WDPT (Water Drop Penetration Time), que consiste en depositar la superficie del material tres gotas de agua destilada y anotar el tiempo requerido para la completa penetración, en este caso, las dos muestras dan un resultado inferior a 5, indicando que el grado de persistencia es “hidrofilico”, es decir, que las muestras absorben con rapidez el agua.

Tabla 19. Intervalos de clase en el WDPT en segundos y persistencia de la repelencia asociada. Fuente: Bisdorn y col. (1993).

Intervalo de WDPT	Grado de persistencia
≤5 10 30 60	Hidrofilico Ligera
180 300 600	Fuerte
900 1800 3600	Severa
18000 >18000	Extrema

Tabla 20. Hidrofobia de las cenizas en el año 2016.

	HIDROFOBIA
Punto 1 (s)	5
Punto 2 (s)	4



5.2.6. Carbonatos

La presencia de carbonatos en las cenizas produce que las mediciones se hagan más complejas, pero al analizar la cantidad total del elemento permite estimar el que potencialmente se podrá disolver.

Tabla 21. Contenido en carbonatos en las cenizas en el año 2016.

	Punto 1	Punto 2
Carbonatos (%)	20,39	24,23

En este caso, y en comparación del porcentaje de carbonatos que contiene el suelo, las cenizas tienen un porcentaje considerablemente alto de CaCO_3 . típico de la vegetación esclerófila que presenta la zona de estudio.

A lo largo de los estudios realizados con cenizas se ha comprobado que son un factor importante para conocer los procesos edáficos, hidrológicos y geomorfológicos en el post-incendio. A mayor temperatura mayor pérdida de nutrientes. Se tienen que contrastar los resultados obtenidos en diferentes ecosistemas para ir avanzando en la investigación de este campo tan poco estudiado. También se ha comprobado que las propiedades hídricas de las cenizas dependen de la severidad del incendio. Otro punto que se ha comprobado, es que la duración de las cenizas en el suelo es efímera, pero como bien se ha demostrado en este trabajo, esa afirmación sería no del todo cierta, ya que se han recogido las cenizas en las dos parcelas dos años después del incendio.



6. Conclusiones

La evolución de las propiedades del suelo es importante para conocer si el suelo está regenerándose. El resultado de los análisis realizados en este trabajo es muy amplio. Se pueden sacar diversas conclusiones en relación a la evolución del suelo son las siguientes:

- El pH y la CE suele aumentar como consecuencia de la solubilización de componentes presentes en las cenizas. Por otro lado ambos disminuyen con el lavado de las cenizas con el paso del tiempo.
- Se ha observado que con el paso del tiempo (unos dos años) que la conductividad eléctrica presenta los mismos valores que antes del incendio o incluso más bajos como se ha obtenido.
- Normalmente después de un incendio de alta intensidad, la combustión de la materia orgánica da lugar a la destrucción de agregados.
- La textura suele presentar valores más altos en la fracción arena después de unos años después del incendio.

Los incendios forestales son un factor clave en el sistema edáfico, pero especialmente en el clima mediterráneo costero que de forma general provocan procesos de degradación intensa en la mayoría de los casos. Pero en este caso el incendio ha sido rápido por la escasa vegetación inicial y por la escasa profundidad del suelo, no aparecen signos evidentes de modificaciones en las propiedades del suelo y en los procesos hidrológicos, biológicos y ecológicos. Pero cabe destacar los procesos erosivos (por la falta de cubierta vegetal post-incendio) el cambio de la textura del suelo hacia más gruesa (perdida de tamaños más finos) esto puede provocar pérdida de la fertilidad y recuperación en este ecosistema costero tan sensible. Por todo ello sería interesante realizar un seguimiento de la evolución del mismo.



7. Bibliografía

Libros y artículos

Antolín, C., Ballester, G., Benedito, V., Bohigues, J., Dupré, M., Esteban, J.L., Estévez, A., Faus, F.V., Figuerola, R., Giner, I.M., Gisbert, J., López, J.A., Pérez Cueva, A.J., Peris, J.B., Piquera, J., Rodríguez, J., Soria, J., Stübing, G., Torres-Gavilá, F.J. (1991). Estudio multidisciplinar del Parque Natural del Montgó (Alicante). Agencia del Medi Ambient. Generalitat Valenciana.

Arcenegui, V., Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Zornoza, R., Mayoral, A. M., Morales, J. (2007). Factors controlling the water repellency induced by fire in calcareous Mediterranean forest soils. *European Journal of Soil Science*, 58(6): 1254-1259.

Arianoutsou, M., Beard, J. S., Ferrés, L., Folch, R., Trabaud, L. V. (1993). La vida a les formacions escleròfil·les, en Mediterrànies (Folch, R. coord.). Barcelona, Edit. MAB, UNESCO, 64-109.

Block, R.M.A., Van Rees, K.C.J. (2004). Characterization of Aspen ash, sand and log-yard waste mixtures from an Aspen based oriented strand board mill for use as an intermediate landfill cover. *Water, Air, and Soil Pollution*, 158(1): 223-266.

Bodí, M.B., Mataix-Solera, J., Doerr, S.H., Cerdà, A. (2009). Effects of ash type and degree of combustion on soil water repellency. En: 2nd International Meeting of Fire Effects on Soil Properties. Marmaris, Turquía. pp. 11-15.

Carcaillet, C., Barakat, H. N., Panaiotis, C., Loisel, R. (1997). Fire and Late-Holocene expansion of *Quercus ilex* and *Pinus pinaster* on Corsica. *Journal of Vegetation Science*, 8(1), 85-94.

Carracedo, V., Diego, C., García, J.C., Rasilla, D.F. (2009). Los incendios forestales. Nueva Geambiente XXI. Barcelona, 250 p.

Carrión, J. S., Dupré, M. (1996). Late Quaternary vegetation history at Navarrés, Eastern Spain. A two core approach. *New Phytologist*, 134(1): 177-191.

Cerdà, A., Bodí, M.B. (2007). Erosión hídrica en suelos afectados por incendios forestales. En: Incendios forestales, suelos y erosión hídrica. Mataix-Solera, J. (coord.). Edit. Caja de Ahorros del Mediterráneo CEMACAM. Alcoi. pp. 71-118.

Cerdà, A., Doerr, S. H. (2008). The effect of ash and needle cover on surface runoff and erosion in the immediate post-fire period. *Catena*, 74(3): 256-263.

Cerdà, A., Jordán, A. (Eds.). (2010). Actualización en métodos y técnicas para el estudio de los suelos afectados por incendios forestales. Valencia: Cátedra de Divulgació de la Ciència, Universitat de València, FUEGORED.

Conselleria de Infraestructuras, Transporte y Medio Ambiente (Generalitat Valenciana). (2014). Memoria del Parque Natural del Montgó y la Reserva Natural de los fondos marinos del Cabo de San Antonio 2014.

Estudio a corto plazo de los efectos sobre el suelo del incendio forestal en el Parc Natural del Montgó de septiembre del 2014 | GEMMA HEEREMA PASTOR



De las Heras, J. (1994). Sucesión de la vegetación briofítica en bosques incendiados del sistema Alcazar-Segura-Cazorla (SW de Albacete). Instituto de Estudios Albacetenses. Albacete. pp. 142.

Demeyer, A., Vuondi Nkana, J.C., Verloo, M.G. (2001). Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. *Bioresource Technology*, 77(3): 253-266.

Fernández, I. Influencia de los incendios forestales sobre la materia orgánica edáfica. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Julio, (1997).

Greene, T.W. (1988). Wood ash disposal and recycling source book. Coalition of Northeast governors by OMNI Environmental Services. Beaverton, OR.

ICONA. (1981). Técnicas para defensa contra incendios forestales. Monografía 24. Ministerio de Agricultura. pp. 200.

ICONA. (1986). Distribución temporal del peligro de incendios forestales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. pp. 194.

Macdonald, L.H., Larsen, I.J., Brown, E., Rough, D., Welsh, M.J., Pietraszek, J.H., Libohova, Z., Schaffrath, K. (2008). What causes runoff and sediment yields to increase after Wildfires?. Final Cost 634 International Conference «On- and Off-site Impacts of Runoff and Erosion». Aveiro (Portugal), 30 junio-4 julio.

Mandre, M., Pärn, H., Ots, K. (2006). Short term effects of wood ash on the soil and the lignin concentration and growth of *Pinus sylvestris* L. *Forest Ecology and Management*, 223(1): 349-357.

Mataix-Solera, J. (1999). Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales: contribución a su conservación y regeneración. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante.

Mataix-Solera, J., Guerrero, C. (2007). Efectos de los incendios forestales sobre las propiedades edáficas. En: Incendios forestales, suelos y erosión hídrica. Mataix-Solera, J. (coord.). Edit. Caja de Ahorros del Mediterráneo CEMACAM. Alcoi. pp. 5-40.

Naik, T.R., Kraus, R.N. (1999). Use of industrial by-products in cement-based materials. En: Exploiting wastes in concrete. Dhir, R.K., T.G. Jappy, T.G. (coord.). Thomas Telford Publishing. London. pp. 23-36.

Naveh, Z. (1991). The role of fire in Mediterranean vegetation. *Botanika Chronika*, 10: 386-405.

Neary, D.G., Klopatek, C.C, DeBano, L.F., Ffolliott, P.F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, 122(1), 51-71.

Pausas, J.G. (1999). Response of plant functional types to changes in the fire regime in Mediterranean ecosystems: a simulation approach. *Journal of Vegetation Science*, 10(5): 717-722.



Pérez Badia, M.R. (1997). Flora vascular y vegetación de la comarca de la Marina Alta (Alicante). Ed. Diputación de Alicante, Inst. Juan Gil Albert. Alicante.

Pyne, S.J. (2001). Year of the fires: the story of the great fires of 1910 (No. 875). Viking Press.

Raison, R.J., Khanna, P.K., Jacobsen, K.L.S., Romanya, J., Serrasolses, I. (2009). Effect of fire on forest nutrient cycles. En: Fire effects on soils and restoration strategies. Cerdà, A., Robichaud, P.R. (coord.). Edit. Science Publishers. Enfield. pp. 225-256.

Rioja Molina, A. (2.002), Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real.

Scott, A.C. (2000). The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 164(1): 281-329.

Scott, A.C. (2009). Forest fire in the fossil record. *Fire effects on soils and restoration strategies*, 1-37.

Shaw, R. J. (1999). Soil salinity-electrical conductivity and chloride. En: *Soil analysis-an interpretation manual*. Peverill, K.I., Sparrow, L.A., Reuter, D.J. (coord.). pp. 129-145.

Soler, J., Serra i Laliga, L., Torres, J. (2007). *Guia botànica del Parc Natural del Montgó*. Ajuntament de Xàbia. Xàbia. pp. 340.

Tessler, N., Wittenberg, L., Malkinson, D., Greenbaum, N. (2008). Fire effects and short-term changes in soil water repellency–Mt. Carmel, Israel. *Catena*, 74(3): 185-191.

Zhou, H. (2003). Reducing, reusing and recycling solid wastes from wood fibre processing. En: *Towards sustainable management of the boreal forest*. Burton, P.J., Messier, C., Smith, D.W., Adamowicz, W.L. (coord.). NRC Research Press. Ottawa. pp.: 759-798.

Páginas web

Agroambient.gva.es. (2016). *Folleto electrónico Montgó*. [online] Available at: http://www.agroambient.gva.es/estatico/parques/folletos_electronicos/montgo/cas/index.html [Accessed 18 Aug. 2016].

Consultoría agrícola y medioambiental, (n.d.). *Valores del extracto de la pasta saturada del suelo*. [online] Ubeda-Jaén: CSR Servicios, p.1. Available at: http://www.csr.servicios.es/CONSULTORIA_AGRICOLA/DESCARGAS/TABLA_INTERPRETACION_EPS_SUELO_CSR.pdf [Accessed 18 Aug. 2016].

Estudio FAO riego y drenaje, (2016). *Evapotranspiración del cultivo*. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. [online] Roma:

Estudio a corto plazo de los efectos sobre el suelo del incendio forestal en el Parc Natural del Montgó de septiembre del 2014 | GEMMA HEEREMA PASTOR



Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, pp.1-4. Available at: <http://ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf> [Accessed 17 Aug. 2016].

Evenor-tech.com. (2016). *Atlas digital de comarcas del suelo*. [online] Available at: <http://evenor-tech.com/banco/seisnet/seisnet.htm> [Accessed 17 Aug. 2016].

Habitatge.gva.es. (2016). *Hàbitats - Generalitat Valenciana*. [online] Available at: <http://www.habitatge.gva.es/web/pn-el-montgo/habitats> [Accessed 19 Aug. 2016].

Terrasit.gva.es. (2016). *Mapa Comunidad Valenciana*. [online] Available at: <http://terrasit.gva.es/> [Accessed 18 Aug. 2016].

Moreno Ramón, H., Blanquer, J. and Ibáñez Asensio, S. (n.d.). *El color del suelo*. [online] Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, pp.4-6. Available at: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8008/Color%20del%20suelo.pdf> [Accessed 19 Aug. 2016].

Rodríguez Fernández, D. (2016). *Los procesos microbiológicos en la actividad agropecuaria*. [online] p.1. Available at: <http://www.monografias.com/trabajos82/procesos-microbiologicos-actividad-agropecuaria/procesos-microbiologicos-actividad-agropecuaria6.shtml> [Accessed 17 Aug. 2016].

