

Universidad FASTA

Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales

Licenciatura en Criminalística

Trabajo de Campo

**Análisis de los cambios en la composición de  
muestras terreas con restos cadavéricos  
enterrados y sobre la superficie de la misma y  
diferencias entre estas dos variantes**

Autora: Suarez, Abril Belén

Tutores: Lic. Hernán Gacio

Mg. Paula Ariadna Jessurum

Mg. María Eugenia Huinchulef

Marzo 2022

## **Agradecimientos**

A mi familia, que siempre me acompañó en todo y está presente en cada etapa de mi vida.

A los docentes, por acompañarme durante toda mi formación y enseñarme siempre con tanta predisposición.

A las gestoras de asuntos estudiantiles, que siempre estuvieron para resolver mis dudas y me acompañaron en toda la carrera.

Y, por último, a María Eugenia Huinchulef, quien me ayudó y acompañó con el proceso de realización tanto del protocolo como del trabajo final de campo.

Sin todos ellos no hubiese podido lograrlo. Gracias a todos.

## Índice

### Contenido

Resumen .....	3
Palabras clave .....	4
Abstract .....	5
Keywords.....	6
Introducción .....	7
Marco Teórico.....	10
-Criminalística .....	10
-Rastros .....	11
-El suelo y su conformación.....	12
-Horizontes o capas del suelo.....	15
-pH.....	16
-Medicina Legal .....	17
-Cambios después de la muerte y período de descomposición.....	17
-Qué liberan los cadáveres .....	22
-Componentes analizados .....	23
Hipótesis de investigación .....	37
Metodología de investigación.....	38
Análisis de datos.....	50
Discusión de resultados.....	55
Conclusiones .....	57
Bibliografía consultada.....	59

## Resumen

Con el presente trabajo se buscó que a través del análisis de la composición de muestras terreas pudiera verificarse, con un alto grado de probabilidad, la presencia o no de restos cadavéricos tanto enterrados como en superficie. A su vez, se procuró lograr la identificación de cuáles son los elementos que varían su concentración y si se presentan o no nuevos elementos en estas muestras, al haber sido expuestas al contacto con restos cadavéricos en descomposición.

La problemática que se presentó implicaba comprobar si la presencia de restos cadavéricos depositados en la tierra influía en la composición de la misma, cuál era dicha variación si es que se encontraba presente y verificar si había presencia de nuevos elementos.

La hipótesis planteada sostenía que habría cambios en la composición de la tierra luego de la exposición a los restos cadavéricos, aumentando la concentración de ciertos elementos y/o presentando nuevos y variando el pH. A su vez, se planteó que el cambio sería menor en la muestra que estuvo en contacto solo en superficie con respecto a la muestra en la cual los restos estuvieron enterrados.

Para comprobar dicha hipótesis se realizó el análisis de tres muestras diferentes de un mismo sector terreo, con la diferencia de que las muestras denominadas como "A2" y "A3" fueron sometidas al contacto con restos cadavéricos de un cerdo, mientras que la muestra denominada como "A1" no tuvo exposición alguna. En la muestra "A2" fueron depositados los restos en superficie, mientras que en la muestra "A3" los restos estuvieron enterrados.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio especializado en análisis de suelos "Fertilab", donde fueron analizadas y de allí enviaron los resultados correspondientes a cada muestra para el cotejo y la comparación de los mismos. Se realizó una comparación de los valores presentes en los tres análisis, observando las similitudes y diferencias.

Se observaron cambios en la concentración de los elementos analizados, presentando la disminución o aumento de la misma en proporciones similares en cuanto a las muestras "A2" y "A3", ambas con respecto a la muestra testigo denominada como "A1". También se encontró variación en el pH, pero el cambio en ambas muestras es similar, no pudiendo decirse que la variación de la composición de la tierra fue influenciada por el entierro o el simple depósito de los restos, sino que con el solo contacto ya van a encontrarse diferencias en los elementos constitutivos de la misma.

## **Palabras clave**

Tierra. Composición. Restos. Análisis.

## Abstract

With the present essay it was sought that through the analysis of the composition of soil samples it could be verified, with a high level of probability, the presence of cadaveric remains, both buried and on the ground surface. At the same time, it was attempted to identify which elements had varied in concentration and whether new elements were present in these samples, as they have been exposed to contact with decomposing cadaveric remains.

The problem that arose involved verifying whether the presence of cadaveric remains deposited in the soil influenced its composition, what this variation was if present, and verifying whether there was the presence of new elements.

The proposed hypothesis held that there would be changes in the composition of the soil after exposure to cadaveric remains, increasing the concentration of certain elements and/or presenting new ones and varying the pH levels. At the same time, it was suggested that the change would be less in the sample that was in contact only on the surface in contrast to the sample in which the remains were buried.

In order to verify this hypothesis, three samples were taken from the same soil section, with the difference that the samples identified as "A2" and "A3" were subjected to prolonged contact with cadaveric remains of a pig, while the sample designated as "A1" did not have any exposure at all. In sample "A2" the remains were deposited on the surface, while in sample "A3" the remains were buried.

The samples were taken to the laboratory specialized in soil analysis "Fertilab", where they were analyzed. The results corresponding to each sample were sent for collation and contrast. A comparison of the values present in the three analyzes was made, observing the similarities and differences present.

Changes in the concentration of the analyzed elements were observed, presenting decrease or increase in similar proportions in terms of samples "A2" and "A3", both with respect to the control sample called "A1". Variations in the pH levels were also found, but the changes in both samples are similar, and it cannot be said that the variation in the composition of the soil was influenced by the burial or the simple deposit of the remains, but rather that with contact alone differences in its constituent elements will be found.

## **Keywords**

Soil. Composition. Remains. Analysis.

## Introducción

Con el presente proyecto de investigación se buscó que, a través del análisis de muestras terreas pueda verificarse, con un alto grado de probabilidad, si se está en presencia o no de restos cadavéricos, ya sea que estos mismos estén o no enterrados. A su vez se procuró lograr la identificación de cuáles son los elementos que varían su concentración y lograr la detección de nuevos elementos, en caso de hallarse, al haberse encontrado estas muestras en contacto con restos cadavéricos en descomposición.

Con esta experimentación se buscó que ante la sospecha de la presencia de restos cadavéricos en un área de tierra específica se logre, mediante los análisis de laboratorio pertinentes para determinar su composición, corroborar o refutar la hipótesis inicial planteada por los investigadores que haya dado origen a la necesidad de realización del análisis de dichas muestras.

La intención del presente trabajo fue la recopilación y análisis de los datos obtenidos durante la experimentación para que sirvan como antecedentes en futuras investigaciones, aportando información relevante sobre los cambios esperables en los elementos que componen una muestra terrea al ser expuesta a restos cadavéricos.

Esta problemática se enmarca dentro de la Criminalística en la disciplina perteneciente al área de "Rastros".

La motivación para realizar dicha experimentación en base al tema propuesto surgió de una inquietud personal por conocer si existían factores de variación en la composición de dichas muestras al encontrarse las mismas expuestas a restos cadavéricos. Ante la poca información encontrada sobre el tema se procuró realizar un análisis exhaustivo del mismo para asentar todos los datos y toda la información pertinente, relativa al mismo, y así permitir la utilización del presente trabajo de campo como fuente de consulta en futuros conflictos.

El problema de investigación trabajado generó los siguientes interrogantes a desarrollar: ¿Hay cambios en la composición de la tierra ante la presencia de restos cadavéricos en la misma? y ¿Son iguales los cambios con los restos depositados sobre la misma que con los restos enterrados en ella?

Para responder a dichas preguntas, el objetivo planteado apuntó a la identificación de las diferencias en la composición terrea ante la presencia de restos cadavéricos tanto depositados como enterrados en la misma.



Con este fin se buscó analizar su composición previo depósito y post depósito de los restos especificados para evaluar variantes e identificar cambios y diferencias entre las muestras.

Finalizado esto, se compararon y registraron todos los resultados y datos obtenidos durante el proceso de investigación.

Para la realización de los objetivos anteriores, las cuestiones a investigar fueron las siguientes:

- ¿Qué cambios se presentan entre las diferentes muestras obtenidas?
- ¿Qué elementos químicos son los que varían de una muestra a otra?
- ¿Es igual la variación en las muestras que fueron expuestas al entierro de los restos en comparación con las que fueron expuestas únicamente al depósito de los mismos?
- ¿Hay elementos que se mantienen en las tres muestras analizadas? En caso de haber ¿Cuáles son los mismos?
- ¿Hay presencia de nuevos elementos ante la presencia de los restos?

Se deja constancia de que se contó con todos los recursos necesarios para el tipo de experimentación que se propuso, siendo estos los siguientes:

- Un espacio privado de tierra ubicado en la dirección los Ranqueles 1955, entre Yanquetruz y María Gertrudis, en el Bosque Peralta Ramos de la ciudad de Mar del Plata.
- Elementos de bioseguridad (una caja de guantes de nitrilo).
- Restos cadavéricos de un cerdo (dos pedazos de nalga conformados por la nalga, la tapa de la nalga y el cuero; uno con un peso de 1,100 kg y unas medidas de 19 cm x 14,5 cm y, otro con un peso de 1,300 kg y unas medidas de 19 cm x 11 cm).
- Elementos para resguardar el área de tierra elegida para realizar la experimentación (cerca de madera de 1x1m).

- Un laboratorio apto para obtener los datos buscados. Se trabajó con el laboratorio especializado en análisis de suelos “Fertilab”, ubicado en la calle Moreno al 4524 de la ciudad de Mar del Plata.
- Bolsas plásticas tipo Ziploc con una medida de 17cm x 25cm (tres bolsas para el transporte de las tres muestras).
- Una balanza de cocina.
- Una cámara fotográfica para fijar todo lo observado durante la experimentación.
- Una regla de medición.
- Pala y rastrillo de jardinería para la toma de muestras.
- Una chapa para delimitar las zonas de experimentación y evitar la contaminación de las muestras.

Se dio comienzo a la fase de experimentación el día 16 de Julio del año 2021, realizando la autora Abril Belén Suarez la toma de la primera muestra requerida para el análisis de laboratorio, siendo transportada la misma en la fecha respectiva al laboratorio especializado en análisis de suelos “Fertilab”. Los resultados del análisis pedido de dicha muestra fueron recibidos el día 22 de Julio del mismo año.

Luego, el día siete de Agosto de 2021 se comenzó con la segunda etapa de la experimentación, en donde se realizó el depósito de los restos cadavéricos de cerdo. El primer trozo fue depositado sobre la tierra y el segundo enterrado en la misma, con una división de por medio que impida la contaminación entre ellos.

El día 15 de Septiembre del año 2021, luego del tiempo necesario de contacto de los restos con la tierra para que logren liberar los elementos químicos y materia que se presumía liberarían y depositarían en la misma, se procedió a la toma de muestras de las zonas identificadas como “A2” y “A3”, siendo la primera del espacio de tierra donde los restos fueron depositados y la segunda donde fueron enterrados.

Dichas muestras fueron llevadas al laboratorio especializado en análisis de suelos “Fertilab”, y los resultados remitidos por el mismo el día 23 de septiembre del año 2021.

Con los resultados obtenidos se realizó el cotejo entre muestras y se sacaron las conclusiones pertinentes a las hipótesis planteadas en la investigación.

## **Marco teórico**

Este proyecto busca realizar un aporte a la Criminalística permitiendo utilizar los estudios realizados como un antecedente y una fuente de consulta para los investigadores en procura de lograr determinar, con un alto grado de probabilidad, la presencia o ausencia de restos cadavéricos en un área determinada sospechada de algún tipo de delito. Mediante los análisis realizados y las comparaciones necesarias se busca lograr obtener la información pertinente que permita corroborar o refutar la hipótesis inicial planteada por dichos investigadores.

Ya que el presente proyecto busca contribuir a la Criminalística y dentro de ella al área específica de rastros se hace necesario definir, en principio, a dicha ciencia y dicha rama de estudio dentro de ella.

### **Criminalística**

La criminalística, definida según el Dr. L. Rafael Moreno Gonzalez en 2014 en su Manual de Introducción a la Criminalística (Decimocuarta edición, p. 436) es “la disciplina que aplica fundamentalmente los conocimientos, métodos y técnicas de investigación de las ciencias naturales en el examen del material sensible significativo relacionado con un presunto hecho delictuoso, con el fin de determinar, en auxilio de los órganos encargados de administrar justicia, su existencia, o bien reconstruirlo, o bien señalar y precisar la intervención de uno o varios sujetos en el mismo”. Permite confirmar la existencia del hecho, estudiar su modalidad, aportar pruebas, identificar a los presuntos autores del mismo y ayudar en la búsqueda de la verdad auxiliando a las autoridades judiciales.

El Doctor en Derecho Hans Gross denominó a esta disciplina “Criminalística” en Graz, Austria, en 1892, dándola a conocer en su obra “Manual del Juez: Todos los sistemas de Criminalística”

Por otro lado, y citando a Wael Hikaltt en su libro Glosario de criminología y criminalística (2011) en su página 293 “el objetivo de la Criminalística se localiza en la obtención de las pruebas e indicios que acreditan actos delictivos, investigando y examinando metódicamente, con la información que proporciona la aplicación de las distintas coadyuvantes, las circunstancias y las contingencias concurrentes en el lugar de los hechos, así como la condición de las personas que con ellas se involucren en la comisión de los ilícitos, y así estar en posibilidad de señalar la presunta responsabilidad de quien o quienes los cometieron, concluyendo, lógica y razonadamente, todo un proceso indagatorio”

Es decir que la Criminalística es una ciencia que aplica métodos y técnicas científicas sobre los elementos probatorios que pudiesen encontrarse en las presuntas escenas del crimen para permitir descubrir la verdad de lo sucedido e identificar autores, auxiliando así a la justicia.

## **Rastros**

El área de rastros dentro de la Criminalística, a su vez, está dividida en diferentes áreas o ramas de estudio e incluye muchísimos tipos de evidencia que se analizan dentro de ellas. Pueden diferenciarse dentro de ella, entre otras, las siguientes ramas:

- Serología forense: es el estudio de los sueros. Estudia la sangre, la saliva, el semen y otros fluidos corporales; estudia los elementos mencionados en relación con delitos y otras cuestiones legales.
- Huellas: se encarga de realizar estudios relacionados con las huellas de calzado y diferentes huellas producto del contacto de distintos elementos, que puedan encontrarse en una presunta escena del crimen.
- Palinología forense: Se ocupa del estudio del polen, las esporas y palinomorfos similares vivos y fósiles.
- Entomología forense: es la rama de la biología que aplica el estudio de los insectos y otros artrópodos asociados, en procedimientos legales. La presencia de estos se utiliza para determinar el intervalo post mortem.
- Geología forense: es una disciplina dentro de las ciencias de la tierra que, a través de la recolección y análisis de minerales, suelo, agua, etc., puede aportar valiosas pruebas para la resolución de problemas planteados por la justicia. Es el área de mayor interés para nuestro trabajo, ya que nuestros estudios y análisis se ubican dentro de la misma.

Dejando en claro estas definiciones podemos pasar a mencionar y explicar con detalle los términos y el resto de la información necesaria para la comprensión del presente trabajo y su posterior experimentación.

## **El suelo**

Según la publicación de Yandry Maldonado en el blog geologiaweb.com “El suelo es un elemento natural compuesto de minerales, agua, gases y material orgánico (organismos vivos y muertos) derivados de la combinación de factores geológicos, climáticos y biológicos. Las partículas que componen el suelo deben su origen a la erosión de rocas preexistentes (ígneas, sedimentarias y metamórficas)”.

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular: la sedimentación en cursos de agua, la meteorización, y deposición de material orgánico. La formación y las características de los distintos suelos depende de varios factores, entre los cuales pueden mencionarse: el relieve, el clima, y la acción de los seres vivos, que condicionaran también su evolución.

### **¿Cómo está formado o compuesto el suelo?**

También haciendo alusión a Yandry Maldonado “El suelo está compuesto de cuatro partes básicas:

- La parte mineral (minerales) o parte inorgánica.
- El componente orgánico (organismos vivos o muertos).
- El agua, y
- El aire”

#### Minerales o componente inorgánico

Es la parte más abundantes y representa entre el 40% al 50% del volumen total del suelo. El origen de los minerales se debe especialmente a la descomposición de las rocas preexistentes o rocas madres (ígneas, sedimentarias y metamórficas).

“La parte sólida que compone el suelo se encuentra representada por minerales y partes de rocas y corresponde a partículas del tamaño de gravas, arenas, limos y arcillas”.

#### Componente orgánico (materia orgánica)

El componente orgánico del suelo se encuentra representado por organismos vivos (microorganismos, plantas, etc.) y organismos muertos (restos de plantas, microorganismos muertos, heces de animales, etc.) y conforma alrededor del 5% del volumen total del suelo.

El suelo que es rico en materia orgánica tiene alta capacidad de retener el agua y nutrientes básicos, por lo que es atractivo para la generación de cultivos”.

Los organismos vivos y muertos que se encuentran en el suelo tienen diferentes funciones en él y depositan nuevos elementos, que pasan a formar parte de la composición de dicho suelo.

### El agua

“El agua que está presente en el suelo se almacena en los espacios disponibles entre las partículas que conforman el suelo (porosidad), y representa entre el 20% y el 30% del volumen total del suelo. Su importancia radica en la alta capacidad de transporte de los nutrientes básicos para la vida en el suelo y para facilitar la descomposición biológico-química.

El porcentaje de agua depende de los distintos tipos de suelos; es así que un suelo arcilloso es el que más capacidad de retención de agua tiene y suelos gravosos-arenosos son los que menos capacidad de retención tienen (propiedad de permeabilidad)”.

### El aire (los gases)

“Los gases representan el aire que ocupa los espacios disponibles entre las partículas sólidas del suelo (porosidad) y suele ocupar entre el 20% al 30% del volumen total del suelo.

El oxígeno es esencial para la respiración de las raíces y los microbios (microorganismos), lo que ayuda a mantener el crecimiento de las plantas”.

Los organismos que se encuentran en el suelo también requieren el oxígeno para realizar sus funciones básicas.

Podría decirse que las etapas más importantes implicadas en la formación del suelo son las siguientes:

- La instalación de los seres vivos (microorganismos, musgos, etc.) sobre ese sustrato inorgánico. Este proceso es de los más significativos ya que con los procesos vitales y

metabólicos contribuyen a la desintegración de los minerales. Además, los restos animales y vegetales contribuyen con el enriquecimiento del suelo.

- Mezcla de todos estos elementos entre sí y con agua y aire. Inicialmente se da la alteración de factores físicos y químicos de las rocas, realizada por la acción del agua y otros agentes geológicos externos, y posteriormente por la influencia de los seres vivos. Las características locales de los sistemas implicados, como podrían ser el relieve y el clima; y sus interacciones dan lugar a los diferentes tipos de suelo.

Los procesos de alteración mecánica y meteorización química de las rocas, determinan la formación de un manto de alteración o aluvión que, cuando por la acción de los mecanismos de transporte de laderas, es desplazado de su posición de origen, se denomina coluvión.

Sobre los materiales del coluvión, puede desarrollarse lo que comúnmente se conoce como suelo; es el resultado de la acción física, química y biológica de los materiales alterados del coluvión. Los procesos de carácter biológico y químico llegan a ser muy importantes debido a la descomposición y la acción de: restos vegetales, microorganismos y diferentes animales.

Entonces, podría tomarse como la principal causa de la formación de los suelos a la meteorización, dicha acción consistente en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos. Pueden distinguirse:

- Meteorización física o meteorización mecánica: ante las bajas temperaturas el agua se congela entre las grietas de las rocas. Así hay mayor volumen y se producen fracturas en las mismas.

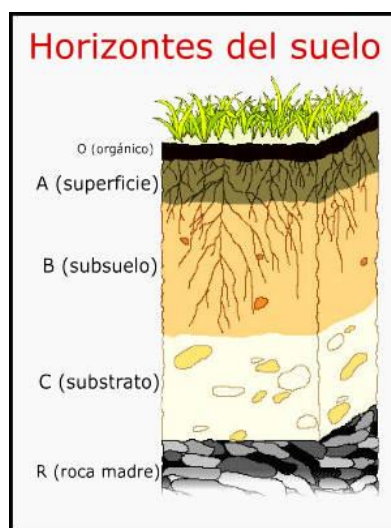
- Meteorización química: los materiales rocosos reaccionan con el agua o diferentes sustancias que se encuentren en la misma.

La actividad biológica contribuye a los dos tipos de meteorización, siendo uno de los factores mas importantes en la formación de los suelos.

### **Horizontes o capas del suelo**

Volviendo a citar a Yandry Maldonado y su publicación en el blog geologíaweb, podemos decir que: "El suelo consiste en diferentes capas que a menudo se llaman

horizontes. Hay tres horizontes del suelo principales llamados A, B y C, así como una capa orgánica (O) en la parte superior del suelo (O) y roca madre (R) a continuación:



*Imagen tomada del blog  
geologiaweb.com*

-Horizonte O: Esta es una capa compuesta principalmente de materia orgánica que tiene alrededor de dos pulgadas de grosor y está hecha de material vegetal muerto como hojas y ramas.

-Horizonte A: Este horizonte superior del suelo también se denomina superficie del suelo. Tiene un grosor aproximado entre cinco y diez pulgadas y está compuesto principalmente de materia orgánica y minerales. Esta es la capa de suelo donde viven las plantas y los organismos (microorganismos).

-Horizonte B: esta capa también se denomina subsuelo. Está compuesto principalmente de arcilla, minerales de hierro y materia orgánica, que el agua de lluvia arrastra hasta este horizonte (capa).

-Horizonte C: el horizonte C es el material principal a partir del cual se desarrollaron las capas superiores del suelo. Consiste principalmente en rocas grandes provenientes de la roca madre; es decir, que es una zona de transición entre el suelo y la roca madre.

-Horizonte R: Este es el lecho de roca (roca madre) y se encuentra varios metros bajo la superficie. El lecho de roca está hecho de una masa sólida de roca. También se lo conoce como el horizonte D”.



## El pH

Raymond Chang y Kenneth A. Goldsby en su libro Química (undécima edición de 2013) en el capítulo 15, página 672 exponen lo siguiente: “Puesto que las concentraciones de los iones  $H^+$  y  $OH^-$  en disoluciones acuosas con frecuencia son números muy pequeños y, por lo tanto, es difícil trabajar con ellos, Soren Sorensen (bioquímico danés) propuso en 1909, una medida más práctica denominada pH. El pH de una disolución se define como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno (en mol/L). Debido a que el pH solo es una manera de expresar la concentración del ion hidrógeno, las disoluciones ácidas y básicas a  $25^{\circ}C$  se identifican por sus valores del pH como: disoluciones ácidas (de cero a siete), disoluciones básicas o alcalinas (entre siete y 14) y disoluciones neutras (en torno al número siete)”.

Por lo tanto, podemos decir que el pH es una medida que indica el grado de acidez o alcalinidad de una disolución y la escala de medición del mismo va del cero al 14, como fue especificado en el párrafo anterior.

Las plantas y elementos vegetales suelen preferir suelos que presenten un pH ligeramente ácido a neutro (seis a siete). Y es que cuando el sustrato es muy alcalino (superior a 8,5) la planta tiene mucha dificultad en asimilar algunos nutrientes básicos como el fósforo y el hierro.

En los lugares donde suele haber mayor cantidad de precipitaciones los suelos suelen ser ácidos, y alcalinos los de regiones más secas.

Habiendo descrito todo lo necesario sobre los suelos y su composición se hace necesario ahondar también en el período de descomposición de los restos, cuáles son los cambios luego de la muerte y que liberan los mismos. Siendo estos temas incumbencia de la medicina legal se hace necesario de igual manera definir el concepto de la misma.

## **Medicina Legal**

Según José A. Fraraccio en su libro Medicina Forense Contemporánea (2005) “La medicina legal o medicina forense es una de las ramas de las ciencias médicas que se ocupa de ilustrar a la justicia acerca de los hechos médicos que se encuentren involucrados en las cuestiones jurídicas. Es una disciplina que utiliza la totalidad de las ciencias médicas para dar respuesta a las cuestiones jurídicas”.

Esta rama aplica todos los conocimientos médicos y biológicos necesarios para la resolución de los problemas que plantea el Derecho. El médico forense auxilia a jueces y tribunales en la administración de justicia, determinando una serie de aspectos médicos relevantes para la búsqueda de lo sucedido en el hecho pertinente. Actúan como peritos en el auxilio de la justicia, utilizando todos sus saberes técnicos, referidos al área de la medicina. El médico especialista en el área recibe el nombre de médico legista o médico forense.

Los médicos legistas están capacitados para realizar múltiples diligencias, entre las que destacan:

- Evaluar la responsabilidad profesional, determinando si los médicos de un caso específico actuaron o no con la responsabilidad debida.
- Determinar las causas, los mecanismos y las maneras de muerte en casos sospechados de criminalidad, es decir, en casos donde haya una muerte violenta.
- Ayudar a la justicia, auxiliando a los órganos judiciales pertinentes a resolver las dudas que tengan sobre un hecho, en relación a los aspectos médico-biológicos -si hubiere- en caso de un presunto hecho delictivo.

## **Cambios luego de la muerte y el periodo de descomposición**

La descomposición se refiere a la reducción del cuerpo de un organismo vivo a formas más simples de materia. No hay organismos que se descompongan de igual manera, pero todos sufren las mismas etapas secuenciales cuando se descomponen.

Luego de la muerte en el cuerpo sobrevienen una serie de cambios que lo llevarán luego de la descomposición a su destrucción total. Se dividen en fenómenos inmediatos, mediatos y tardíos.

Con el término fenómenos inmediatos se hace referencia al cese de las funciones vitales, se produce la necrosis de tejidos u órganos llamados vitales, es decir, que permiten que la persona se mantenga con vida.

Luego de ocurrido este proceso sobrevienen los fenómenos mediatos que ocurren desde el momento en que ocurre la muerte de la persona, es decir, el cese de las funciones vitales hasta la aparición de la putrefacción, y citando a José A. V. Fraraccio son los siguientes:

Deshidratación cadavérica: “es el proceso mediante el cual la piel, por falta de circulación sanguínea se deseca perdiendo por evaporación su contenido acuoso. Al deshidratarse, las mucosas cambian de color, se oscurecen.

El proceso de deshidratación trae aparejada una disminución de la talla y del peso corporal.

La deshidratación cadavérica afecta tanto a la piel como a las mucosas. La cornea pierde su transparencia por este fenómeno. Con los ojos abiertos, este proceso se produce aproximadamente a los 45 minutos, mientras que, con los ojos cerrados, la transparencia se pierde a las 24 horas aproximadamente.

Por deshidratación también se produce una pérdida de la opacidad de la esclerótica que deja ver a su través la membrana coroides. Este signo se conoce como mancha esclerótica de Sommer-Larcher y suele ocurrir a las diez-doce horas de la muerte. Hay que tener cuidado de no confundirlo con una equimosis”

La deshidratación produce pérdida de la tensión ocular y esta se puede medir con un tonómetro o bien por palpación con dos dedos.

Livideces cadavéricas: “se conoce con este nombre al fenómeno producido por la decantación de la sangre intravascular, que por efecto de la pérdida del todo de los capilares sanguíneos y de la ley de gravedad, se deposita en las zonas declives del cuerpo.

Se dejan ver a través de la piel, unas manchitas de color rojo-vinoso en forma de punteado al principio y que confluyen luego y colorean la superficie cutánea de las zonas declives del cadáver de un color violáceo. Si se halla acostado boca arriba, se ubican en el dorso; si se encuentra boca abajo, en la región ventral; si cuelga del cuello, por ejemplo, en

los pies y en las piernas”. Las zonas en las que el cuerpo se encuentra apoyado sobre alguna superficie de contacto o donde tienen algún objeto que lo constriñe quedan de una coloración blanquecina, sin producirse el color violáceo característico de las livideces. “No hay que confundir esas zonas con surcos de ahorcadura o estrangulación”.

En las cicatrices no se producen livideces cadavéricas, ya que no poseen capilares sanguíneos. Es decir, que quedan con una coloración blanquecina.

“Las livideces cadavéricas aparecen entre dos y tres horas después de la muerte, llegan a su punto máximo entre las 12 y 15 horas y a partir de las 18-24 horas no se producen más” Esto es importante tenerlo en cuenta ya que, sabiendo esto, puede establecerse un diagnóstico aproximado del tiempo en el que murió la persona y cuál era su posición al momento del fallecimiento. “Las livideces se fijan o adhieren a los tejidos cutáneos alrededor de las 12 horas posteriores a la muerte”.

“Si alguien moviliza el cadáver en las primeras dos o tres horas de muerto las livideces que se estaban formando, desaparecen del primitivo luego y aparecerán en la nueva posición declive del cuerpo. Este fenómeno se conoce como transposición de las livideces. Si tenían unas horas de formación (entre las seis y las diez horas, por ejemplo) al cambiar la posición del cadáver aparecerán nuevas livideces en la nueva zona declive, que coexistirán con las de la posición primitiva que se hallarán más atenuadas. Si la movilización del cuerpo se produce luego de las 12 horas de muerto y antes de las 24, se podrán hallar las dos zonas de livideces, ya que las primeras se hallaban fijadas. Transcurridas unas 24 horas de la muerte, no se formarán nuevas livideces cadavéricas”

Para evaluar si una lividez es fija o no, es decir, si dejara de formarse al momento de mover el cuerpo o no, debe presionarse la zona donde se encuentre. Si se torna blanca la lividez no está fija.

“Cuando comienzan los fenómenos putrefactivos se produce la permeación de los capilares por la hemoglobina y resulta muy difícil –o imposible- distinguir las equimosis de las livideces fijadas”.

Temperatura corporal: “Inmediatamente de ocurrida la muerte, la circulación se detiene, por lo tanto, la temperatura corporal, asegurada por el flujo sanguíneo, el metabolismo y la actividad muscular, cae hasta nivelarse a la temperatura ambiente.

Normalmente el cuerpo presenta una temperatura media normal de alrededor de 37 o 37,5° C, a nivel de la piel (axilar, por ejemplo).

Existen fórmulas matemáticas, como la de J. Glaister, quien estableció que: la temperatura normal media (tomada por debajo del hígado) menos la temperatura del cadáver, dividido por 0,83 da el tiempo en horas desde la muerte”.

De todos modos, muchos factores pueden modificar la temperatura del cadáver, como la temperatura del ambiente o diferentes cuadros de muerte.

“La temperatura se toma haciendo una pequeña incisión en el espacio supra púbico o peri umbilical con bisturí hasta el peritoneo y colocando un termómetro en el fondo del saco de Douglas o al menos en el espacio inter visceral”.

Rigidez cadavérica o rigor mortis: “La rigidez cadavérica o rigor mortis, es el fenómeno por el cual los músculos del organismo se contraen produciendo una rigidez, a punto tal, que levantado el cuerpo de un extremo le permite permanecer envarado.

Este fenómeno se debe a que por un breve tiempo luego de la muerte continua la actividad metabólica muscular glucolítica, donde el ATP (adenosín trifosfato) es hidrolizado pasando a ADP (adenosín difosfato), produciéndose ácido láctico lo que disminuye el pH celular. La falta de regeneración de ATP luego de la muerte y el incremento de la acidez resulta en la formación de puentes químicos cerrados entre las dos proteínas musculares (actina y miosina). Estos puentes químicos fijan las proteínas produciendo rigidez, sin acortamiento de las fibras musculares. En condiciones fisiológicas las moléculas de actina deslizan sobre la miosina y producen la contracción o acortamiento de las fibras musculares. Experimentos en animales demostraron que se necesita además de la disminución del ATP y el aumento del pH, la acción del ion calcio para producirse esta rigidez muscular, ya que puede ser inhibida por la adición de agentes tomadores de calcio (Weiner, P. and Person, A., 1966)

Con la muerte se produce una relajación muscular generalizada, con dilatación pupilar (midriasis), relajación de esfínteres y flaccidez de miembros.

A las dos o tres horas de ocurrida la muerte, comienza la rigidez cadavérica que se instala de la cabeza a los pies. Llega a su máxima expresión entre las 12 y 18 horas.

Esta rigidez muscular es la responsable de la típica piel anserina o de gallina, con erección de los pelos dérmicos por contractura del músculo erector del pelo. Esta erección pilosa sumada a la retracción cutánea por deshidratación, da la sensación de crecimiento del pelo. También es responsable de la miosis (cerramiento de la pupila) por contracción del músculo ciliar.

Los músculos lisos (independientes de la voluntad) también se contraen por este efecto, y se explica así la salida de esperma luego de la contractura de la capa muscular de las vesículas seminales, que almacenan ese fluido. Hay factores que pueden retardar la contractura muscular (como alguna enfermedad).

La rigidez muscular cadavérica desaparece con la instalación de la putrefacción, que termina destruyendo a las proteínas. Con el advenimiento de los procesos putrefactivos, se comienza a relajar en igual sentido que como se inició, de craneal a caudal.

Luego de estos fenómenos se producen los tardíos, que pueden ser putrefactivos o de conservación”.

La putrefacción: “la putrefacción es un proceso de descomposición o degradación de las sustancias proteicas por efecto bacteriano. Los gérmenes intestinales al cesar la actividad defensiva del organismo pululan localmente y luego, a través de los vasos sanguíneos (la sangre es un buen caldo de cultivo), en todo el cuerpo produciendo la desintegración de la materia orgánica”.

El primer periodo de la putrefacción se denomina como cromático y se produce cuando en la fosa iliaca derecha comienza a verse una mancha de color verde que luego se extiende al resto del abdomen y el tórax. Suele producirse luego de las 24-36 horas o más, según el caso.

El segundo periodo se conoce como enfisematoso y se caracteriza por la hinchazón del cadáver, en especial su abdomen y rostro, producto de la acumulación de gases de origen endógeno (gérmenes anaerobios).

“...A este proceso sigue la ruptura de vísceras y tegumentos con salida de líquido pútrido (putrúlagos) a las cavidades corporales y al exterior, con colicuación de la materia orgánica y reducción de la misma. Es el tercer periodo o colicuativo.

Luego de la colicación de los tejidos, comienza la reducción con desaparición de las partes blandas (esqueletización) y la destrucción total hasta la pulverización del cuerpo...”

#### Fenómenos de conservación:

“Existen casos extraordinarios que por efecto ambiental se produce un considerable retraso en los procesos putrefactivos. Los más frecuentes son:

- Momificación: es el resultado de una desecación por deshidratación de los tejidos en ambientes cálidos, secos y aireados.
- Adipocira: es el resultado de la saponificación de las grasas, en especial del tejido celular subcutáneo, permitiendo conservar los otros tejidos. Requiere climas o ambientes muy húmedos y poco ventilados. La sumersión en agua puede producirla.

La adipocira se produce en un tiempo que oscila entre unos meses y un año a partir de la muerte. El aspecto es de un cuerpo de cera, con el rostro con facciones conservadas, a veces blanquecino.

- Corificación: es otro proceso natural que se puede producir por desecación de partes blandas, con detención de los procesos putrefactivos, que le brinda al cadáver un aspecto acartonado a sus tegumentos, con consistencia parecida al cuero curtido. Se suele producir en cadáveres inhumados en bóvedas, en cajas de zinc herméticamente cerradas. Su producción lleva aproximadamente un año.

- Congelación: Otro hecho factible de hallarse es el congelamiento del cuerpo. Este mecanismo natural hace que el cadáver se conserve en perfectas condiciones como para poder identificarlo y estudiar en él procesos patológicos o violentos. Suele ocurrir en zonas de nevadas, con cuerpos que mueren y quedan sepultados en la nieve”

#### **¿Qué liberan los cadáveres?**

Sarah Romero en una publicación del 03/01/2020 en la revista virtual muyinteresante.es dijo que : “Más de 400 compuestos orgánicos volátiles distintos son los que se liberan durante el proceso de descomposición del cuerpo humano...” “...El cuerpo humano al entrar en proceso de descomposición libera una mezcla química muy particular, que podríamos llamar “olor a cadáver” formada por 452 compuestos orgánicos volátiles (con solo cinco compuestos de diferencia respecto al cerdo y solo 8 del resto de animales)...”

## **Componentes analizados durante los estudios de laboratorio:**

Para la definición y comprensión de cada elemento analizado se utilizó información obtenida de la página de Lenntech, una empresa de diseño y fabricación ubicada en los Países Bajos, especializada en soluciones innovadoras de tratamiento de agua y separación de membranas.

- Fósforo: el fósforo es un elemento químico de número atómico 15 y símbolo P.

El fósforo forma la base de un gran número de compuestos, de los cuales son los más importantes los fosfatos. En todas las formas de vida, los fosfatos desempeñan un papel esencial en los procesos de transferencia de energía como: el metabolismo, la fotosíntesis, la función nerviosa y la acción muscular. Los ácidos nucleicos, que entre otras cosas forman el material hereditario (los cromosomas), son fosfatos, así como cierto número de coenzimas. Los esqueletos de los animales están formados por fosfato de calcio.

Cerca de tres cuartas partes del fósforo total (en todas sus formas químicas) se emplean como fertilizantes, aunque otras aplicaciones importantes son: como relleno de detergentes, nutrientes suplementarios en alimentos para animales, ablandadores de agua, aditivos para alimentos y fármacos, agentes de revestimiento en el tratamiento de superficies metálicas, aditivos en metalurgia, plastificantes, insecticidas y aditivos de productos petroleros.

En la mayor parte de sus compuestos, el fósforo está enlazado químicamente a cuatro átomos inmediatos. Hay gran número de compuestos en los que uno de los cuatro átomos está ausente y en su lugar hay un par de electrones no compartidos.

Hay también unos cuantos compuestos con cinco o seis átomos unidos al fósforo; son muy reactivos y tienden a ser inestables.

Casi todo el fósforo utilizado en el comercio está en forma de fosfatos.

El compuesto de fósforo de mayor importancia biológica es el adenosintrifosfato (ATP), que es un éster de la sal, el tripolifosfato de sodio, muy utilizado en detergentes y ablandadores de agua. Casi todas las reacciones en el metabolismo y la fotosíntesis requieren la hidrólisis de este tripolifosfato hasta su derivado pirofosfato, llamado adenosindifosfato (ADP).



El Fósforo puede ser encontrado en el ambiente más comúnmente como fosfato. Los fosfatos son sustancias importantes en el cuerpo de los humanos porque ellas son parte del material de ADN y tienen parte en la distribución de la energía. Los fosfatos pueden ser encontrados comúnmente en plantas. Los humanos han cambiado el suministro natural de fósforo radicalmente por la adición de estiércol ricos en fosfatos. El fosfato era también añadido a un número de alimentos, como quesos, salsas, jamón. Demasiado fosfato puede causar problemas de salud, como es daño a los riñones y osteoporosis. La disminución de fosfato también puede ocurrir. Estas son causadas por uso extensivo de medicinas. Demasiado poco fosfato puede causar problemas de salud.

El Fósforo en su forma pura tiene un color blanco. El fósforo blanco es la forma más peligrosa de fósforo que es conocida. Cuando el fósforo blanco ocurre en la naturaleza este puede ser un peligro serio para nuestra salud. El fósforo blanco es extremadamente venenoso y en muchos casos la exposición a él será fatal.

- Calcio: el Calcio es un elemento químico de símbolo Ca y de número atómico 20; es el quinto elemento y el tercer metal mas abundante en la corteza terrestre (los compuestos de calcio constituyen 3,64% de la corteza terrestre).

El metal es trimorfo, más duro que el sodio, pero más blando que el aluminio. Al igual que el berilio y el aluminio, pero a diferencia de los metales alcalinos, no causa quemaduras sobre la piel. Es menos reactivo químicamente que los metales alcalinos y que los otros metales alcalinotérreos

La distribución del calcio es muy amplia; se encuentra en casi todas las áreas terrestres del mundo. Este elemento es esencial para la vida de las plantas y animales, ya que está presente en el esqueleto de los animales, en los dientes, en la cáscara de los huevos, en el coral y en muchos suelos. El cloruro de calcio se halla en el agua del mar en un 0.15%.

El calcio se quema en el aire a temperatura elevada para producir principalmente nitruro.

El metal producido en forma comercial reacciona fácilmente con el agua y los ácidos y produce hidrógeno que contiene cantidades notables de amoníaco e hidrocarburos como impurezas.

El carbonato de calcio puro existe en dos formas cristalinas: la calcita, de forma hexagonal, la cual posee propiedades de birrefringencia, y la aragonita, de forma romboédrica. Los carbonatos naturales son los minerales de calcio más abundantes.

El calcio es un constituyente invariable de todas las plantas, ya que es esencial para su crecimiento. Lo contienen como constituyente estructural y como ion fisiológico. El calcio se encuentra en el tejido blando, en fluidos tisulares y en la estructura del esqueleto de todos los animales. Los huesos de los vertebrados contienen calcio en forma de fluoruro de calcio, carbonato de calcio y fosfato de calcio.

Es comúnmente encontrado en la leche y productos lácteos, pero también en frutos secos, vegetales, etc. Es un componente esencial para la preservación del esqueleto y dientes de los humanos. También asiste en funciones de los nervios y musculares. El uso de más de 2,5 gramos de calcio por día sin una necesidad médica puede llevar a cabo el desarrollo de piedras en los riñones, esclerosis y problemas en los vasos sanguíneos.

- Magnesio: el Magnesio es el elemento químico de símbolo Mg y número atómico 12.

El Magnesio es blanco plateado y muy ligero. Su densidad relativa es de 1.74 y su densidad de 1740 kg/m<sup>3</sup>. El magnesio se conoce desde hace mucho tiempo como el metal estructural más ligero en la industria, debido a su bajo peso y capacidad para formar aleaciones mecánicamente resistentes.

Con una densidad de sólo dos tercios de la del aluminio, tiene incontables aplicaciones en casos en donde el ahorro de peso es de importancia. También tiene muchas propiedades químicas y metalúrgicas deseables que lo hacen apropiado en una gran variedad de aplicaciones no estructurales.

Es muy abundante en la naturaleza, y se halla en cantidades importantes en muchos minerales rocosos, como la dolomita, magnesita, olivina y serpentina. Además, se encuentra en el agua de mar, salmueras subterráneas y lechos salinos. Es el tercer metal estructural más abundante en la corteza terrestre, superado solamente por el aluminio y el hierro.

El magnesio es químicamente muy activo, se combina con la mayor parte de los no metales y prácticamente con todos los ácidos y; se ha usado largo tiempo en la síntesis de compuestos orgánicos especiales y complejos por medio de la conocida reacción de Grignard.

Efectos de la exposición al magnesio en polvo: baja toxicidad y no considerado como peligroso para la salud. Inhalación: el polvo de magnesio puede irritar las membranas mucosas o el tracto respiratorio superior. Ojos: daños mecánicos o las partículas pueden incrustarse en el ojo. Visión directa del polvo de magnesio ardiendo sin gafas especiales puede resultar en ceguera temporal, debido a la intensa llama blanca. Piel: Incrustación de partículas en la piel. Ingestión: Poco posible; sin embargo, la ingestión de grandes cantidades de polvo de magnesio puede causar daños.

El polvo de Magnesio se considera poco dañino para el medio ambiente.

- Potasio: el Potasio es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo químico es K, y su número atómico es 19.

Ocupa un lugar intermedio dentro de la familia de los metales alcalinos después del sodio y antes del rubidio. Este metal reactivo es ligero y blando. Se parece mucho al sodio en su comportamiento en forma metálica.

El cloruro de potasio se utiliza principalmente en mezclas fertilizantes. Sirve también como material de partida para la manufactura de otros compuestos de potasio. El hidróxido de potasio se emplea en la manufactura de jabones líquidos y el carbonato de potasio para jabones blandos. El carbonato de potasio es también un material de partida importante en la industria del vidrio. El nitrato de potasio se utiliza en fósforos, fuegos pirotécnicos y en artículos afines que requieren un agente oxidante.

El potasio es un elemento muy abundante y es el séptimo entre todos los elementos de la corteza terrestre; el 2.59% de ella corresponde a potasio en forma combinada. El agua de mar contiene 380 ppm, lo cual significa que el potasio es el sexto más abundante en solución.

El potasio puede ser encontrado en vegetales, frutas, patatas, carne, pan, leche y frutos secos. Juega un importante papel en los sistemas de fluidos físicos de los humanos y asiste en las funciones de los nervios. Cuando nuestros riñones no funcionan bien se puede dar la acumulación de potasio. Esto puede llevar a cabo una perturbación en el ritmo cardíaco.

Junto con el nitrógeno y el fósforo, el potasio es uno de los macronutrientes esenciales para la supervivencia de las plantas. Su presencia es de gran importancia para la salud del suelo, el crecimiento de las plantas y la nutrición animal. Su función primaria en las plantas es su papel en el mantenimiento de la presión osmótica y el tamaño de la célula, influyendo de

esta forma en la fotosíntesis y en la producción de energía, así como en la apertura de las estomas y el aporte de dióxido de carbono, la turgencia de la planta y la translocación de los nutrientes. Como tal, el elemento es requerido en proporciones relativamente elevadas por las plantas en desarrollo.

Las consecuencias de niveles bajos de potasio se muestran por variedad de síntomas: restricción del crecimiento, reducción del florecimiento, cosechas menos abundantes y menor calidad de producción.

Elevados niveles de potasio soluble en el agua pueden causar daños a las semillas en germinación, inhiben la toma de otros minerales y reducen la calidad del cultivo.

- Zinc: el Zinc es un elemento químico esencial de número atómico 30 y símbolo Zn, situado en el grupo 12 de la tabla periódica de los elementos.

Según la tabla periódica interactiva publicada por Fisher Scientific SL “El cinc es un metal lustroso de color blanco azulado, frágil a temperatura ambiente y, cuando se supera los 100°C, se hace maleable y presenta superplasticidad. Es un buen conductor de electricidad y se enciende en contacto con el aire a altas temperaturas.

Las principales fuentes de cinc son las menas de esfalerita (sulfuro), smithsonita (carbonato), hemimorfita (silicato) y franklinita (óxido de cinc, hierro y manganeso). El cinc natural incluye cinco isótopos estables y se conocen otros 16 isótopos inestables.

El cinc también se utiliza para galvanizar otros metales con el fin de evitar la oxidación”.

El cinc tiene un peso atómico de 65.38 y a temperatura y presión estándar es sólido.

- Hierro: el Hierro es un elemento químico de número atómico 26 situado en el grupo ocho, período cuatro de la tabla periódica de los elementos y su símbolo es Fe.

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Los cuatro isótopos estables, que se encuentran en la naturaleza, tienen las masas 54, 56, 57 y 58.

El hierro está presente en la hemoglobina roja de la sangre. La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada.

El Hierro puede ser encontrado en carne, productos integrales, patatas y vegetales. El cuerpo humano absorbe Hierro de animales más rápido que el Hierro de las plantas. El Hierro es una parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos.

Puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede resultar en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada siderosis, que es observable como un cambio en los rayos X. Ningún daño físico de la función pulmonar se ha asociado con la siderosis. La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares.

El hierro (III)-O-arsenito, pentahidratado puede ser peligroso para el medio ambiente; se debe prestar especial atención a las plantas, el aire y el agua. Se recomienda encarecidamente que no se permita que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste.

- Cobre: el Cobre, cuyo símbolo es Cu, es el elemento químico de número atómico 29. Es uno de los elementos de transición y un importante metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, así como a sus propiedades eléctricas y su abundancia. El cobre fue uno de los primeros metales usados por los humanos.

La mayor parte del cobre del mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita. Los minerales oxidados son la cuprita, tenorita, malaquita, azurita, crisocola y brocantita.

El grado del mineral empleado en la producción de cobre ha ido disminuyendo regularmente, conforme se han agotado los minerales más ricos y ha crecido la demanda de cobre. Hay grandes cantidades de cobre en la Tierra para uso futuro si se utilizan los minerales de los grados más bajos, y no hay probabilidad de que se agoten durante un largo periodo.

El cobre es el primer elemento del subgrupo Ib de la tabla periódica y también incluye los otros metales de acuñación, plata y oro. Su átomo tiene la estructura electrónica  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ . El cobre es de baja actividad química.

Un metal comparativamente pesado, el cobre sólido puro, tiene una densidad de 8.96 g/cm<sup>3</sup> a 20°C, mientras que el del tipo comercial varía con el método de manufactura, oscilando entre 8.90 y 8.94.

Su conductividad térmica y eléctrica son muy altas. Es uno de los metales que puede tenerse en estado más puro, es moderadamente duro, es tenaz en extremo y resistente al desgaste. La fuerza del cobre está acompañada de una alta ductilidad. Las propiedades mecánicas y eléctricas de un metal dependen en gran medida de las condiciones físicas, temperatura y tamaño de grano del metal. De los cientos de compuestos de cobre, sólo unos cuantos son fabricados de manera industrial en gran escala (el más importante es el sulfato de cobre (II)).

El Cobre es una sustancia muy común que ocurre naturalmente y se extiende en el ambiente a través de fenómenos naturales; los humanos usan ampliamente el Cobre. Por ejemplo, este es aplicado en industrias y en agricultura. La producción de Cobre se ha incrementado en las últimas décadas y debido a esto las cantidades de Cobre en el ambiente se han expandido.

El Cobre puede ser encontrado en muchas clases de comidas, en el agua potable y en el aire, por lo que solemos absorber una cantidad eminente de cobre cada día por la comida, bebiendo y respirando. La absorción del Cobre es necesaria, porque el Cobre es un elemento traza que es esencial para la salud de los humanos. Aunque los humanos pueden manejar concentraciones de Cobre proporcionalmente altas, mucho Cobre puede también causar problemas de salud.

La mayoría de los compuestos del Cobre se depositarán y se enlazarán tanto a los sedimentos del agua como a las partículas del suelo. Compuestos solubles del Cobre forman la mayor amenaza para la salud humana. Usualmente compuestos del Cobre solubles en agua ocurren en el ambiente después de liberarse a través de aplicaciones en la agricultura.

Las concentraciones del Cobre en el aire son usualmente bastante bajas, así que la exposición al Cobre por respiración es descartable. Pero gente que vive cerca de fundiciones que procesan el mineral cobre en metal pueden experimentar esta clase de exposición. La gente que vive en casas que todavía tienen tuberías de cobre están expuestas a más altos niveles de Cobre que la mayoría de la gente, porque el Cobre es liberado en sus aguas a través de la corrosión de las tuberías.

Exposiciones de largo periodo al cobre pueden irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Una toma grande de cobre puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte. Si el Cobre es cancerígeno no ha sido determinado aún.

El Cobre entra en el aire, mayoritariamente a través de la liberación durante la combustión de fuel. El Cobre en el aire permanecerá por un período de tiempo eminente, antes de depositarse cuando empieza a llover. Este terminará mayormente en los suelos y, como resultado, estos pueden también contener grandes cantidades de Cobre después de que esté sea depositado desde el aire. El Cobre puede ser liberado en el medioambiente tanto por actividades humanas como por procesos naturales.

El Cobre es a menudo encontrado cerca de minas, asentamientos industriales, vertederos y lugares de residuos. Cuando el Cobre termina en el suelo este es fuertemente atado a la materia orgánica y minerales. Como resultado este no viaja muy lejos antes de ser liberado y es difícil que entre en el agua subterránea.

El Cobre no se rompe en el ambiente y por eso se puede acumular en plantas y animales cuando este es encontrado en suelos. En suelos ricos en Cobre sólo un número pequeño de plantas pueden vivir. Por esta razón no hay diversidad de plantas cerca de las fábricas de Cobres.

El Cobre puede seriamente influir en el proceso de ciertas tierras agrícolas, dependiendo de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica. El Cobre puede interrumpir la actividad en el suelo, su influencia es negativa en la actividad de microorganismos y lombrices de tierra. La descomposición de la materia orgánica puede disminuir debido a esto.

- Manganeso: el Manganeso es un elemento químico de número atómico 25 situado en el grupo siete de la tabla periódica de los elementos y se simboliza como Mn.

Es uno de los metales de transición del primer periodo largo de la tabla periódica; se encuentra entre el cromo y el hierro. Tiene propiedades en común con ambos metales. Aunque poco conocido o usado en su forma pura, reviste gran importancia práctica en la fabricación de acero.

El manganeso se oxida con facilidad en el aire para formar una capa castaña de óxido. También lo hace a temperaturas elevadas. Respecto a su comportamiento es más parecido a su vecino de mayor número atómico en la tabla periódica (el hierro), que al de menor número atómico (el cromo).

El manganeso es un metal bastante reactivo. Aunque el metal sólido reacciona lentamente, el polvo metálico reacciona con facilidad y en algunos casos, muy vigorosamente.

El Manganeso es un compuesto muy común que puede ser encontrado en todas partes en la tierra. El manganeso es uno de los tres elementos trazas tóxicos esenciales, lo cual significa que no es sólo necesario para la supervivencia de los humanos, sino que también es tóxico cuando está presente en elevadas concentraciones en los mismos. Cuando la gente no cumple con la ración diaria recomendada su salud disminuirá.

La toma de Manganeso por los humanos mayoritariamente tiene lugar a través de la comida, como son las espinacas, el té y la hierbas. Las comidas que contienen las más altas concentraciones son los granos y arroz, las semillas de soja, huevos, frutos secos, aceite de oliva, judías verdes y ostras. Después de ser absorbido en el cuerpo humano el manganeso será transportado a través de la sangre al hígado, los riñones, el páncreas y las glándulas endocrinas.

Los efectos del manganeso mayormente ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los síntomas por envenenamiento con Manganeso son alucinaciones, olvidos y daños en los nervios. El Manganeso puede causar Parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis. Cuando los hombres se exponen al manganeso por un largo periodo de tiempo el daño puede llegar a ser importante.

Los compuestos del manganeso existen de forma natural en el ambiente como sólidos en suelos y pequeñas partículas en el agua. Las partículas de manganeso en el aire están presentes en las partículas de polvo. Estas usualmente se depositan en la tierra en unos pocos días.

Los humanos aumentan las concentraciones de Manganeso en el aire por las actividades industriales y a través de la quema de productos fósiles. El Manganeso que deriva de las fuentes humanas puede también entrar en la superficie del agua, aguas subterráneas y aguas residuales. A través de la aplicación del Manganeso como pesticida este entrará en el suelo.



Para los animales el Manganeseo es un componente esencial sobre unas 36 enzimas que son usadas para el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas. En animales que comen muy poco manganeseo hay una interferencia en el crecimiento normal, la formación de huesos y en la reproducción.

En plantas los iones del Manganeseo son transportados hacia las hojas después de ser tomados en el suelo. Cuando muy poco manganeseo puede ser absorbido desde el suelo esto produce fallas en los mecanismos de las plantas. Por ejemplo, en la división del agua en hidrógeno y oxígeno, en lo cual el Manganeseo juega un papel importante.

El Manganeseo puede causar síntomas de toxicidad y deficiencia en plantas. Cuando el pH del suelo es bajo las deficiencias de Manganeseo son más comunes. De igual modo concentraciones altamente tóxicas de Manganeseo en el suelo pueden causar inflamación de la pared celular, abramiento de las hojas y puntos marrones en las mismas.

- Boro: Elemento químico, B, número atómico cinco, peso atómico 10.811. Tiene tres elementos de valencia y se comporta como no metal. Se clasifica como metaloide y es el único elemento no metálico con menos de cuatro electrones en la capa externa. El elemento libre se prepara en forma cristalina o amorfa. La forma cristalina es un sólido quebradizo, muy duro. Es de color negro azabache a gris plateado con brillo metálico. Una forma de boro cristalino es rojo brillante. La forma amorfa es menos densa que la cristalina y es un polvo que va del café castaño al negro. En los compuestos naturales, el boro se encuentra como una mezcla de dos isótopos estables, con pesos atómicos de diez y once.

Muchas propiedades del boro no están lo suficientemente establecidas en forma experimental por la pureza discutible de algunas fuentes de boro, las variaciones en los métodos y las temperaturas de preparación.

El boro y sus compuestos tienen muchas aplicaciones en diversos campos, aunque el boro elemental se emplea principalmente en la industria metalúrgica. Se utiliza también en retardantes a la flama, desinfectantes de frutas y madera, control de hierbas e insecticidas, así como en la manufactura de papel, cuero y plásticos.

El boro constituye el 0.001% en la corteza terrestre. Está también presente en el agua de mar en unas cuantas partes por millón (ppm). Existe en pequeñas cantidades en la mayoría de los suelos y es un constituyente esencial de varios silicatos tales como la turmalina y la datolita. La presencia de boro en cantidades muy pequeñas parece ser

necesaria en casi todas las plantas, pero en grandes concentraciones es muy tóxico para la vegetación. En la naturaleza hay sólo un número limitado de localidades con concentraciones altas de boro o grandes depósitos de minerales; los más importantes parecen ser de origen volcánico.

El Boro ocurre de forma natural en el medioambiente debido a que es liberado al aire, suelo y agua a través de los procesos de erosión. Este puede también aparecer en el agua subterránea en muy pequeñas cantidades. Los humanos utilizan Boro en las industrias del vidrio, pero la liberación de Boro por los humanos es más pequeña que las concentraciones liberadas por procesos naturales de erosión.

Las plantas absorben Boro del suelo y a través del consumo de plantas por los animales este termina en las cadenas alimentarias. El Boro ha sido encontrado en los tejidos animales, pero este no parece ser que se acumule. Cuando los animales absorben grandes cantidades de Boro en un periodo de tiempo corto, a través de la comida o el agua, los órganos reproductivos masculinos serán afectados. Cuando los animales son expuestos al Boro durante el embarazo sus descendientes pueden sufrir defectos de nacimiento y fallos en el desarrollo. Además, los animales sufren irritación de nariz cuando respiran Boro.

Los humanos pueden ser expuestos al Boro a través de las frutas y vegetales, el agua, aire y el consumo de productos. Comer peces o carne no incrementará la concentración de Boro en nuestros cuerpos, ya que el Boro no se acumula en los tejidos animales. La exposición al Boro a través del aire y del agua no es muy frecuente que ocurra, pero el riesgo de exposición al polvo de Boro en el lugar de trabajo existe. Las exposiciones al Boro pueden también ocurrir al consumir productos como cosméticos y productos para lavar.

Cuando los humanos consumen grandes cantidades de comida que contiene Boro, la concentración de Boro en sus cuerpos puede aumentar a niveles que causan problemas de salud. El Boro puede afectar el estómago, hígado, riñones y cerebro y puede eventualmente llevar a la muerte. Cuando la exposición es con pequeñas cantidades de Boro tiene lugar la irritación de la nariz, garganta y ojos.

- Sodio: el Sodio es un elemento químico de símbolo Na con número atómico 11. Es un metal suave, reactivo y de bajo punto de fusión, con una densidad relativa de 0.97 a 20°C (68°F). Desde el punto de vista comercial, el sodio es el más importante de los metales alcalinos.

El sodio ocupa el sexto lugar por su abundancia entre todos los elementos de la corteza terrestre, que contiene el 2.83% de sodio en sus formas combinadas. El sodio es, después del cloro, el segundo elemento más abundante en solución en el agua de mar. Las sales de sodio más importantes que se encuentran en la naturaleza son el cloruro de sodio (sal de roca), el carbonato de sodio (sosa y trona), el borato de sodio (bórax), el nitrato de sodio (nitrato de Chile) y el sulfato de sodio. Las sales de sodio se encuentran en el agua de mar, lagos salados, lagos alcalinos y manantiales minerales.

El sodio reacciona con rapidez con el agua, y también con nieve y hielo, para producir hidróxido de sodio e hidrógeno. Cuando se expone al aire, el sodio metálico recién cortado pierde su apariencia plateada y adquiere color gris opaco por la formación de un recubrimiento de óxido de sodio.

El sodio es un componente de muchas comidas, por ejemplo, la sal común. Es necesario para los humanos para mantener el balance de los sistemas de fluidos físicos. El sodio es también requerido para el funcionamiento de nervios y músculos. Un exceso de sodio puede dañar nuestros riñones e incrementa las posibilidades de hipertensión.

Destino medioambiental: Este compuesto químico no es móvil en su forma sólida, aunque absorbe la humedad muy fácilmente. Una vez líquido, el hidróxido de sodio se filtra rápidamente en el suelo, con la posibilidad de contaminar las reservas de agua.

- N-Nitrato: Según lo dicho por Martin Diaz Zorita en una entrevista con el diario Clarín: “N-Nitratos indica la cantidad de nitrógeno (N) en la forma de nitratos (NO<sub>3</sub>). Para el diagnóstico de fertilidad nitrogenada en los suelos se considera la cantidad de nitrógeno extraído en forma de nitratos y expresado como nitrógeno (N). Para convertir las unidades de nitratos a nitrógeno hay que dividir el resultado de nitratos por 4,427”.

- Conductividad eléctrica: Según lo publicado por la Enciclopedia Concepto de la Editorial Etecé en el año 2021, “la conductividad eléctrica es la capacidad de la materia para permitir el flujo de la corriente eléctrica a través de sus partículas. Dicha capacidad depende directamente de la estructura atómica y molecular del material, así como de otros factores físicos como la temperatura a la que se encuentre o el estado en el que este (líquido, sólido o gaseoso).

La conductividad eléctrica es lo contrario a la resistividad, es decir, la resistencia al paso de la electricidad de los materiales. Hay entonces materiales buenos y malos conductores eléctricos, en la medida en que sean mas o menos resistentes.

La conductividad varia dependiendo del estado en que se encuentre la materia. En los medios líquidos, por ejemplo, dependerá de la presencia de sales disueltas en ellos, que generan iones cargados positiva o negativamente, y son los electrolitos responsables de conducir la corriente eléctrica cuando se somete el liquido a un campo eléctrico.

En cambio, los solidos presentan una estructura atómica mucho mas cerrada y con menor movimiento, así que la conductividad dependerá de la nube de electrones compartidos por las bandas de valencia y la banda de conducción, que varía según la naturaleza atómica de la materia: los metales son buenos conductores eléctricos y los no metales, en cambio, buenos resistentes (o aislantes, como el plástico).

Conductividad del suelo: los suelos, en general, presentan distinta conductividad eléctrica, dependiendo de diversos factores como la irrigación hídrica o la cantidad de sales que presenten. Así como en el caso del agua, los suelos más salinos serán mejores conductores eléctricos que los menos salinos y, esta distinción esta determinada muchas veces por la cantidad de agua que reciben (ya que el agua puede lavar las sales del suelo)".

- PSI: Según lo publicado por Álvaro G.J., técnico en laboratorio Fertibox en 2019, podemos decir que: la sodicidad de un suelo se define como la acumulación de sales con elevado contenido del ion sodio en la solución y en el complejo de cambio del suelo.

La concentración de sodio en un suelo se puede medir de dos maneras, bien en la solución del suelo o bien en el complejo de cambio. Cuando se determina en la solución del suelo adquiere el nombre RAS o "Relación Absorción de Sodio" y cuando se hace en el complejo de cambio se habla de PSI o "Porcentaje de Sodio Intercambiable".

El PSI se puede definir como la cantidad de sodio absorbido por las partículas del suelo, expresado en porcentaje del CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), ya que para su determinación necesitamos conocer el contenido de sodio intercambiable y la capacidad de intercambio catiónico del suelo. La ecuación que se utiliza es la siguiente:

$$PSI = \frac{Na^+}{CIC} * 100$$

Aquellos suelos que presentan un valor limite PSI superior a 15 se clasifican como suelos sódicos y pueden empezar a presentar problemas de infiltración y flujo de agua.

- Nitrogeno mineralizable: Según lo dicho por Arturo Galvis-Spinola y Teresa M. Hernández-Mendoza en una publicación web de 2004: “el Nitrógeno potencialmente mineralizable (N<sub>0</sub>) se emplea para comparar la eficacia de nuevas alternativas analíticas, como indicador de la capacidad del suelo para sustentar la producción agrícola o como indicador del aporte nitrogenado del suelo para apoyar la generación de recomendaciones de aplicación de N”.

- S-Sulfato: El S-Sulfato o sulfato de sodio en todas sus formas suele ser sólido blanco, altamente soluble en agua. Los detergentes, productos de uso cotidiano y altamente presentes en la vida humana, presentan este elemento en su fabricación. Igualmente, está presente también en la fabricación del papel Kraft.

Es un compuesto inorgánico de fórmula Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y que presenta varios hidratos relacionados.

Puede hallarse presente en los humanos también porque se utiliza como diluyente para colorantes alimentarios.

## **Hipótesis de investigación**

**Hipótesis:** Habrá cambios en la composición de la tierra luego de la exposición a restos cadavéricos, aumentando la concentración de ciertos elementos o presentando nuevos y variando el pH debido a la acción de la descomposición en dichos restos.

**Hipótesis derivada:** El cambio será mayor en la muestra en que los restos estuvieron enterrados.

## Metodología de investigación

La primera etapa de la experimentación se realizó el día 16 de Julio del año 2021 entre las 12hs y las 13:30hs en el espacio privado de tierra ubicado en el “Bosque Peralta Ramos”, siendo la calle Los Ranqueles, numeración 1955, de la ciudad de Mar del Plata.

Se deja constancia que se contó con los recursos necesarios, tanto para esta primera parte de la investigación como para las etapas restantes de la misma, siendo los mismos:

- Un espacio privado de tierra ubicado en la dirección los Ranqueles 1955, entre Yanquetruz y María Gertrudis, en el Bosque Peralta Ramos de la ciudad de Mar del Plata.

- Elementos de bioseguridad (una caja de guantes de nitrilo).

- Restos cadavéricos de un cerdo (dos pedazos de nalga conformados por la nalga, la tapa de la nalga y el cuero; uno con un peso de 1,100 kg y unas medidas de 19 cm x 14,5 cm y, otro con un peso de 1,300 kg y unas medidas de 19 cm x11 cm)

- Elementos para resguardar el área de tierra elegida para realizar la experimentación (cerca de madera de 1x1m)

- Un laboratorio apto para obtener los datos buscados. Se trabajó con el laboratorio especializado en análisis de suelos “Fertilab”, ubicado en la calle Moreno al 4524 de la ciudad de Mar del Plata.

- Bolsas plásticas tipo Ziploc con una medida de 17cm x 25cm (tres bolsas para el transporte de las tres muestras).

- Una balanza de cocina.

- Una cámara fotográfica para fijar todo lo observado durante la experimentación.

- Una regla de medición.

- Pala y rastrillo de jardinería para la toma de muestras.

- Una chapa para delimitar las zonas de experimentación y evitar la contaminación de las muestras.

En esta primera etapa se realizó la toma de la muestra de tierra denominada “A1”, necesaria para el primer análisis de laboratorio. Se procedió con manos enguantadas y

mediante la utilización de una pala de jardinería a recolectar, de la zona elegida para realizar la experimentación, 600 gramos de dicha tierra y a depositar la misma en una bolsa tipo “Ziploc” de 17cm x 25cm, rotulando la misma con el nombre de muestra.



*Fuente: elaboración propia*



*Fuente: elaboración propia*





Fuente: elaboración propia

Luego, en el horario de las 17hs se llevó esa primera muestra hasta el laboratorio especializado en análisis de suelos “Fertilab”, ubicado en la calle Moreno al 4524, en la ciudad de Mar del Plata.



FERTILAB		LABORATORIO DE SUELOS		PLANTILLA PARA ENVIO DE MUESTRAS DE SUELOS		
Dirección de Avda. de Santa Fe 4524 - Mar del Plata Tel: (0223) 4724 124 - 124213 Email: info@fertilab.com.ar		Municipio: MAR DEL PLATA Localidad: MAR DEL PLATA Fecha: 16/05/24		ANALISIS: <input type="checkbox"/> Físico (PS) <input type="checkbox"/> Químico (NPK) <input type="checkbox"/> Fósforo (P) <input type="checkbox"/> Calcio (Ca) <input checked="" type="checkbox"/> Nitrogeno Amónico (N-NH) <input type="checkbox"/> Sulfato Intercambiable (Ca, Mg, N, Na) <input type="checkbox"/> Microelementos (Zn, Cu, Fe, Mn, B, Zn)		
Cliente: ABRIL SUAREZ Teléfono / Fax: 2235162809 Email: abrilsuarez@outlook.com		Tipo de Muestra: <input type="checkbox"/> Fertilizante <input type="checkbox"/> No Fertilizante Tipo de Suelo: <input type="checkbox"/> LLUVIAS MENORILES <input type="checkbox"/> LLUVIAS MEDIANAS <input type="checkbox"/> LLUVIAS MAYORES		Clasificación: <input type="checkbox"/> Clásica <input type="checkbox"/> Completa (P, M, N, S, pH, Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, B) <input checked="" type="checkbox"/> Clásica + Sulfato Intercambiable		
SP Lab.	SP de Muestra	Fecha de Muestra	Fecha de Recolección	Nombre de Recolección	Código de Suelo Cultivo	Requerimiento especial, Material y/o envase
	A1	2-20				

Fuente: elaboración propia

El día 22 de Julio del año 2021 se recibieron los primeros resultados de laboratorio, obtenidos sobre la primer muestra enviada para analizar. Los mismos fueron los siguientes:

Datos de la planilla		Datos del cliente	
Código de planilla	M-SC205-2021-2352	Cliente	SUAREZ ABRIL
Sucursal	Mar del Plata	Productor	SUAREZ ABRIL
Tipo de planilla	PLANILLA DE SUELOS COMPLETA P205/N/S	Remitente	SUAREZ ABRIL
Estado	Terminada	Establecimiento	CASA
Fecha de alta	17/07/2021 08:56	Localidad	MAR DEL PLATA
Fecha de baja	-	Adjuntos relacionados	
Última modificación	28/07/2021 13:16	 M-SC205-2021-2352-1.jpg	

#### Resultados

Muestras y lotes									
Nro. de laboratorio	Muestra de lote / ambiente	Profundidad	Fosforo (ppm)	Materia Organica (%)	N-Nitrato (ppm)	Nitrogeno Mineralizable (ppm)	S-Sulfato (ppm)	pH (unidades)	Conductividad Eléctrica (dS/m)
M-N-160-B02	A1	0-20 (Sup.)	30.00	6.40	79.50	165.20	13.40	7.30	1.050

Análisis									
Calcio (meq/100gr.suelo)	Magnesio (meq/100gr.suelo)	Potasio (meq/100gr.suelo)	Sodio (meq/100gr.suelo)	Zinc (ppm)	Hierro (ppm)	Cobre (ppm)	Manganeso (ppm)	Boro (ppm)	PSI
18.70	2.88	1.46	0.59	4.55	37.40	1.90	25.00	1.80	2.5

*Imagen tomada de los resultados enviados por el laboratorio*

El comienzo de la segunda etapa de investigación se dió el día 7 de Agosto del año 2021, también en el espacio privado de tierra ubicado en la calle Los Ranqueles, numeración 1955, del “Bosque Peralta Ramos” en la ciudad de Mar del Plata. El horario utilizado para su realización abarcó desde las 16:30hs hasta las 19:00hs.

En la misma se procedió, también con la utilización de guantes de nitrilo, a delimitar los dos espacios de tierra a utilizar para el depósito de los restos y a separar los mismos mediante un trozo de chapa enterrado a 30 cm de profundidad para evitar la posterior contaminación de las muestras entre sí.

Teniendo listos los lugares de donde luego se obtendrá cada muestra se realizó, en uno de los espacios de tierra delimitados, el depósito de un trozo de carne de cerdo de 1,100kg y unas medidas de 19cm x 14,5cm.



*Fuente: elaboración propia*

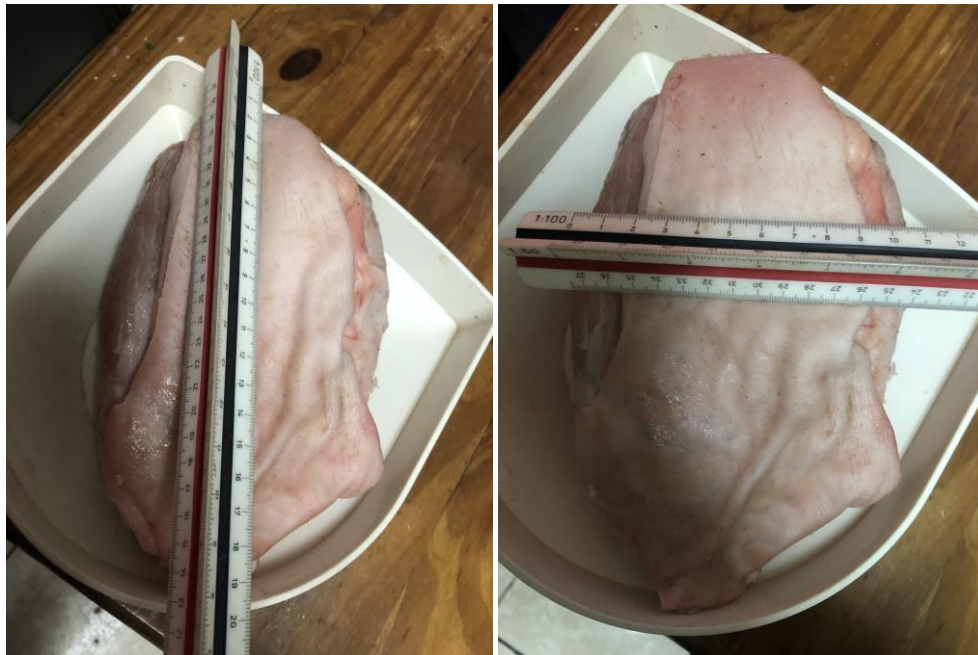


*Fuente: elaboración propia*



*Fuente: elaboración propia*

Luego, en el otro espacio delimitado previamente, con pala y rastrillo de jardinería se realizó un pozo de 19 cm de profundidad y unas medidas de 27cm de largo x 21cm de ancho. En dicho pozo se depositó el otro trozo de carne de cerdo de 1,300kg y unas medidas de 19cm x 11cm. El mismo fue tapado nuevamente con la tierra retirada.



*Fuente: elaboración propia*



*Fuente: elaboración propia*



*Fuente: elaboración propia*



*Fuente: elaboración propia*



*Fuente: elaboración propia*



*Fuente: elaboración propia*

Luego del tiempo estipulado de aproximadamente un mes de contacto de los restos con la tierra para que logren liberar los elementos químicos y materia que se presumía liberarían y depositarían en la misma, se procedió el día 15 de septiembre del año 2021 en el horario de las 12 am/13 pm a la toma de muestras de los dos lugares delimitados e identificados como “A2” y “A3”.

Para la toma de la primer muestra se procedió con manos enguantadas a retirar los restos cadavéricos depositados sobre la tierra y luego, con la pala de jardinería, a recolectar en una bolsa tipo ziploc 625 gramos, de tierra de la zona. La bolsa fue cerrada y rotulada como “A2”.

Para la toma de la segunda muestra se retiró, con la pala de jardinería previamente esterilizada para evitar contaminación, la capa superior de tierra y se recolectó tierra de aproximadamente entre 10 y 15 cm de profundidad, donde estuvo el mayor contacto de la misma con los restos. Se tomaron 625 gramos de la misma y fueron depositados en una bolsa tipo ziploc, cerrada y rotulada como “A3”.

Dichas muestras, correctamente identificadas, fueron llevadas al laboratorio de análisis especializado en suelos “Fertilab”, para que realicen los estudios correspondientes, previamente solicitados, para este tipo de experimentación.



*Fuente: elaboración propia*



*Fuente: elaboración propia*





Fuente: elaboración propia



**FERTILAB** 3059 PLANILLA PARA ENVÍO DE MUESTRAS DE SUELOS

Remitente: **CASA DEL PLATA**

Producto: **TIAB DEL PLATA**

Fecha: \_\_\_\_\_

SELECCION TIPO DE ANALISIS SOLICITADO

ANÁLISIS	Muestra (g)	Muestra (g/100g MS)
Carbon (P)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Materia orgánica (MO)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nitrato (N)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sulfato (S)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nitrogeno Amónico (N <sub>am</sub> )	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estado total amoniacal (E <sub>ta</sub> ) (Mg, K, Na)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Microelementos (Zn, Cu, Fe, Mn, B)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
pH	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Conductividad eléctrica (CE)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Complejo (P, K, N, S, Ca, Fe, Cu, Mg, K, Na, Zn, Co, Pb, Mn, B)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros (especificar):		

¿Desea Reconocerle de la Fertilización? (p.ej. costo)  SI  NO

LLUVIAS MENSAJUALES

1 mes antes	2 meses antes	3 meses antes
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

N° Lin. (No Linea)	N° de Muestra (S)	Lab./Substrato	Antecedencia de Muestra (S)	Años de Agricultura Continua	Cultivos Precedentes/Abandono	1 año antes	2 años antes	3 años antes	Volumen de Bacterio Inoculado (S)	Cultivo y Doble Cultivo a Partir de	Previamente expuesto, Análisis posterior requerido, etc.
1	A1	A2	0-10								
2	A1	A3	0-10								

Nota: Volumen de la muestra: enviar no más de 500 a 5000 g/L. Longi. de suelo: presionar las submuestras extraídas.

Importante: Cuando envíe informaciones cológenas, enviar para la inoculación con un fertilizante.

1) Nomenclatura genérica (C, S, etc.) a utilizar con base de las tablas.

2) Deberá de cada lote especificar por ambiente, el tipo, variedad del leg. Lima, Miel de Luna y Bigo.

Para mayor detalle ver las Fichas de Muestras: <http://www.fertilab.com.pe/informacion>

Fuente: elaboración propia

El día 23 de septiembre del año 2021 se recibieron los resultados de las muestras identificadas como “A2” y “A3”, siendo los mismos los siguientes:

Datos de la planilla	
Código de planilla	M-SC205-2021-3060
Sucursal	Mar del Plata
Tipo de planilla	PLANILLA DE SUELOS COMPLETA P205/N/S
Estado	Terminada
Fecha de alta	15/09/2021 17:51
Fecha de baja	-
Última modificación	23/09/2021 16:30

Datos del cliente	
Cliente	SUAREZ ABRIL
Productor	SUAREZ ABRIL
Remitente	SUAREZ ABRIL
Establecimiento	CASA
Localidad	MAR DEL PLATA

Adjuntos relacionados

 M-SC205-2021-3060-1.jpg
--

#### Resultados

Muestras y lotes			Fosforo (ppm)	Materia Organica (%)	N-Nitrato (ppm)	Nitrogeno Mineralizable (ppm)	S-Sulfato (ppm)	pH (unidades)	Conductividad Eléctrica (dS/m)
Nro. de laboratorio	Muestra de lote / ambiente	Profundidad							
M-N-196-A11	A2	0-20 (Sup.)	15.80	6.20	66.50	86.30	16.40	7.60	0.710
M-N-196-B01	A3	0-20 (Sup.)	32.90	6.80	47.00	219.60	14.60	7.90	0.480

Análisis										
Calcio (meq/100gr.suelo)	Magnesio (meq/100gr.suelo)	Potasio (meq/100gr.suelo)	Sodio (meq/100gr.suelo)	PSI	Zinc (ppm)	Hierro (ppm)	Cobre (ppm)	Manganeso (ppm)	Boro (ppm)	
18.90	3.12	1.30	0.83	3.4	3.20	45.30	1.10	32.30	1.22	
20.60	2.70	1.35	0.78	3.1	6.84	38.30	1.40	21.40	1.17	

*Imagen tomada de los resultados enviados por el laboratorio*

## **Análisis de datos**

Para la explicación de lo observado se decidió diferenciarlo como A2 y A3, representando los restos depositados y enterrados, tal como fue rotulado en su momento para llevar las muestras al laboratorio. Luego se procedió a la comparación de resultados con los datos obtenidos del mismo.

Observación:

A2) La muestra A2, al ser la que permaneció sobre la tierra, fue la más factible de observación y pudo verse fácilmente como avanzaba el proceso de descomposición de dichos restos. Fue la muestra mas complicada de proteger ya que, al no estar enterrada, estaba más expuesta que la otra.

Pudo observarse un cambio de coloración a medida que avanzaba el tiempo y, especialmente, la presencia de insectos que se hizo cada vez mayor.

A3) La muestra A3, al encontrarse enterrada, no fue factible de visualización durante el proceso de descomposición. Recién pudo observarse lo ocurrido al momento de la toma de la muestra, cuando hubo que desenterrar los restos.

Cuando se realizo el pozo para tomar la muestra pudo observarse que este trozo de carne estaba en un mayor estado de descomposición que el que estuvo en la superficie. Tenia una mayor cantidad de insectos, la masa estaba amarillenta blanquecina y casi no quedaban restos de la misma.

Los otros datos que fueron factibles de comparación en el presente trabajo son los obtenidos directamente del laboratorio, correspondientes a las 3 muestras tomadas (la de la tierra sin exposición alguna, la de la tierra expuesta a los restos depositados sobre ella y la de la tierra expuesta a los restos enterrados en ella). Se realizaron 2 cuadros, presentados a continuación, para evaluar los elementos analizados y permitir una mejor visualización de la comparación realizada para evaluar los cambios presentes.

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>Fosforo (ppm)</b>	30.00	15.80	32.90
<b>Materia Orgánica (%)</b>	6.40	6.20	6.80
<b>N-Nitrato (ppm)</b>	79.50	66.55	47.00
<b>Nitrógeno Mineralizable (ppm)</b>	165.20	86.30	219.60
<b>S-Sulfato (ppm)</b>	13.40	16.40	14.60
<b>pH (unidades)</b>	7.30	7.60	7.90
<b>Conductividad eléctrica (dS/m)</b>	1.050	0.710	0.480
<b>Calcio (meq/100gr suelo)</b>	18.70	18.90	20.60
<b>Magnesio (meq/100gr suelo)</b>	2.88	3.12	2.70
<b>Potasio (meq/100gr suelo)</b>	1.46	1.30	1.35
<b>Sodio (meq/100gr suelo)</b>	0.59	0.83	0.78
<b>PSI</b>	2.5	3.4	3.1
<b>Zinc (ppm)</b>	4.55	3.20	6.84
<b>Hierro (ppm)</b>	37.40	45.30	38.30
<b>Cobre (ppm)</b>	1.90	1.10	1.40
<b>Manganeso (ppm)</b>	25.00	32.30	21.40
<b>Boro (ppm)</b>	1.80	1.22	1.17

PPM: partes por millón.

DS/M: decisiemens por metro.

MEQ: miliequivalente.

	A1	A2	A3
Fosforo (ppm)	30.00	-	+
Materia Orgánica (%)	6.40	-	+
N-Nitrato (ppm)	79.50	-	-
Nitrógeno Mineralizable (ppm)	165.20	-	+
S-Sulfato (ppm)	13.40	+	+
pH (unidades)	7.30	+	+
Conductividad eléctrica (dS/m)	1.050	-	-
Calcio (meq/100gr suelo)	18.70	+	+
Magnesio (meq/100gr suelo)	2.88	+	+
Potasio (meq/100gr suelo)	1.46	-	-
Sodio (meq/100gr suelo)	0.59	+	+
PSI	2.5	+	+
Zinc (ppm)	4.55	-	+
Hierro (ppm)	37.40	+	+
Cobre (ppm)	1.90	-	-
Manganeso (ppm)	25.00	+	-
Boro (ppm)	1.80	-	-

A raíz de los cuadros presentados pudieron observarse los cambios ocurridos y realizar las siguientes observaciones, pertinentes al mismo, siempre en comparación con la muestra A1, que es la utilizada como muestra testigo.

- Fosforo: Disminuyó su concentración con respecto a la muestra sin exposición en la muestra que tuvo los restos depositados en su superficie; y, aumentó en la muestra que estuvo expuesta a los restos enterrados.

- **Materia orgánica:** Disminuyó su concentración en la muestra A2, es decir, la que estuvo en contacto con los restos en superficie, con respecto a la muestra testigo y, aumentó en la muestra que fue expuesta a los restos enterrados.

- **N-Nitrato:** hubo una disminución en ambas muestras expuestas, con respecto a la muestra testigo, denominada como A1.

- **Nitrógeno mineralizable:** tuvo un cambio muy abrupto en ambas muestras, pudiendo observarse una disminución en la muestra que fue expuesta solo en superficie y un aumento en la que los restos fueron enterrados, ambas en comparación con la muestra testigo, denominada como A1.

- **S-Sulfato:** se observó un aumento en ambas muestras expuestas, con respecto a la muestra testigo, siendo mayor en la muestra denominada como A2 (donde los restos fueron depositados en superficie)

- **pH:** hubo un aumento de la concentración del pH en ambas muestras, en comparación con la muestra testigo, siendo un poco mayor en la muestra en que los restos fueron enterrados.

- **Conductividad eléctrica:** la conductividad eléctrica disminuyó en ambas muestras, en comparación con la muestra testigo. Esto puede deberse a que, con la mayor actividad en la tierra, disminuye la conductividad eléctrica con el aumento de la velocidad de las partículas, porque las colisiones desvían los electrones del camino de transporte de cargas.

- **Calcio:** este elemento tuvo un aumento en ambas muestras expuestas, en relación con el valor presentado al analizar la muestra testigo, que no tuvo exposición alguna con los restos.

- **Magnesio:** el Magnesio aumentó su concentración en la muestra en que los restos fueron depositados en superficie y, disminuyó en la muestra en la que los restos fueron enterrados, siempre en comparación con la muestra testigo, denominada como A1.

- **Potasio:** el Potasio disminuyó en ambas muestras expuestas a los restos, en comparación con el valor obtenido de la muestra testigo.

- **Sodio:** el valor del sodio aumentó en ambas muestras expuestas a los restos, en comparación con la muestra testigo, tomada inicialmente.

- **PSI:** el PSI aumentó significativamente en las muestras expuestas, con respecto al valor obtenido de la muestra testigo.

- **Zinc:** el Zinc disminuyó en la muestra denominada como A2, en la cual los restos solo fueron depositados en superficie, con respecto a la muestra testigo; y, aumentó en la muestra denominada como A3, con respecto a la misma muestra, denominada como A1.

- Hierro: el Hierro aumentó en ambas muestras expuestas a los restos, siendo mayor el aumento en la muestra en que los restos solo estuvieron depositados en la superficie.

- Cobre: el Cobre disminuyó en ambas muestras expuestas a los restos, con respecto a la muestra testigo.

- Manganeso: el Manganeso aumentó en la muestra que fue expuesta solo en superficie y, disminuyó en la que los restos fueron enterrados, siempre con respecto a la muestra testigo denominada como A1.

- Boro: el Boro disminuyó en las 2 muestras que fueron expuestas a los restos cadavéricos, con respecto a la primera muestra tomada, denominada como A1, y utilizada como muestra testigo de la composición terrea, previa exposición a los restos.

A continuación, se detallan la cantidad de aumentos y disminuciones en la concentración de elementos que presenta cada muestra que fue expuesta a los restos, siempre en comparación con la muestra denominada como "A1" o muestra testigo. Esto con el fin de lograr un mayor entendimiento y hacer mas gráficos los resultados obtenidos.

A2) Presenta un aumento en la concentración de ocho de los elementos analizados por el laboratorio y una disminución en nueve de ellos.

A3) Presenta un aumento en la concentración de 11 de los elementos analizados por el laboratorio y una disminución en seis de ellos.

## Discusión de resultados

Los resultados obtenidos y los datos de laboratorio analizados fueron en gran parte los esperados y, se condicen con lo presentado en el marco teórico.

Tanto la muestra "A2" como la "A3", que fueron las que estuvieron expuestas a la presencia de restos cadavéricos de cerdo (en la primera solo depositados en superficie y en la segunda enterrados) presentaron variaciones con respecto a la muestra denominada como "A1" o muestra testigo.

No todos los elementos analizados tuvieron un aumento en su concentración, como se pensaba que iba a resultar de los datos obtenidos, sino que de hecho pudo notarse que en varios de ellos disminuyó dicha concentración.

A su vez, pudo observarse que hubo variaciones en la disminución o aumento de la concentración de varios elementos entre las 2 muestras presentadas para comparación y la muestra tomada como referente de análisis. Esto quiere decir que, tanto la muestra "A2" como la "A3", tuvieron aumentos y disminuciones en la concentración de los elementos de forma variada, sin presentarse un patrón específico de repetición de aumento o disminución dependiendo de la muestra observada.

Los cambios observados se corresponden en gran parte con lo citado durante el marco teórico sobre la cantidad de compuestos que liberan los cuerpos cuando se encuentran en periodo de descomposición.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo con los resultados que se esperaba obtener inicialmente en el trabajo, de acuerdo a lo presentado en el marco teórico y la deducción propia, y lo que se observó finalmente durante la experimentación realizada y los datos obtenidos por parte del laboratorio. Fue realizado con el objetivo de plasmar de forma grafica los resultados obtenidos y lograr una mejor comprensión de los mismos.



	<b>ELEMENTOS ANALIZADOS</b>	<b>pH</b>	<b>DIFERENCIAS ENTRE MUESTRAS</b>
<b>TEORÍA</b>	Habrá un aumento en la concentración de los elementos analizados y se observar� la presencia de nuevos elementos (elementos de concentración 0 pasaran a tener valor)	El pH variará debido a la acción de la descomposición de los restos.	El cambio en la variación de los elementos y del pH será mayor en la muestra en que los restos estuvieron enterrados, en comparación con la que solo fue expuesta al deposito de los restos en superficie.
<b>EXPERIENCIA</b>	Se produjeron tanto aumentos como disminuciones en la concentración de los diferentes elementos y no se observó presencia de nuevos.	El pH varió, presentando un aumento en su concentración en ambas muestras expuestas, en comparación con la muestra utilizada como referencia.	En ambas muestras se observaron tanto aumentos como disminuciones en la concentración de los elementos, aunque fue un poco mayor la cantidad de aumentos en la muestra en la que los restos estuvieron enterrados. Igualmente, ambas presentaron una cantidad parecida de aumentos y disminuciones.

## Conclusiones

Durante la experimentación del trabajo realizado pudo observarse que se producen cambios en la composición terrea ante la presencia de restos cadavéricos, ya sea que los mismos se encuentren en superficie o que hayan sido enterrados. Estos cambios se traducen tanto en aumentos como disminuciones en la concentración de ciertos elementos, los mismos factibles de análisis mediante un estudio realizado por un laboratorio especializado en suelos.

Si bien se observaron cambios en ambas muestras (siempre con respecto a la muestra testigo), no resultaron ser los mismos entre una y otra, hallándose disminuciones y aumentos de forma variada entre las mismas.

Algunos elementos y factores analizados (N-Nitrato, S-Sulfato, el pH, la conductividad eléctrica, el Calcio, el Magnesio, el Potasio, el Sodio, el PSI, el Hierro, el Cobre y el Boro) presentaron la misma variación en las muestras expuestas, en comparación con la muestra testigo. Es decir, que tanto en la muestra "A2" como "A3", aumentaron o disminuyeron los valores en la concentración de estos elementos o factores de igual manera.

Los objetivos de investigación planteados fueron cumplidos acorde a lo esperado y, permitieron sacar todas las conclusiones pertinentes, anheladas para la realización del trabajo final.

En cuanto a la hipótesis planteada inicialmente, en la cual se suponía habría cambios en la composición de la tierra luego de la exposición a restos cadavéricos, aumentando la concentración de ciertos elementos o presentando nuevos y variando el pH debido a la acción de la descomposición en dichos restos, pudo observarse que: en parte se confirma lo planteado y en parte no corresponde con lo observado finalmente durante la etapa de experimentación.

Lo que se confirma en el periodo de la experimentación de la hipótesis planteada inicialmente es la variación existente en el pH debido a la acción de los restos. Y lo que no se condice específicamente con lo planteado es el aumento en la concentración de los elementos analizados y la posible presencia de nuevos. Los resultados obtenidos demuestran que, no solo existe un aumento de la concentración de elementos, lo que se dedujo inicialmente que pasaría, sino que en algunos de ellos se produce una disminución en la misma, ambas muestras en comparación con la muestra de referencia denominada como "A1". En cuanto a presencia de nuevos elementos no se hallaron muestras de esto en los

resultados obtenidos. Se deja constancia de que todos los elementos analizados inicialmente tenían algún tipo de valor, es decir, que todos estaban presentes en un principio.

En cuanto a la hipótesis derivada, planteada inicialmente, se puede decir que no corresponde con lo observado en los resultados obtenidos. El planteo de que el cambio sería mayor en la muestra en que los restos estuvieron enterrados fue finalmente descartado con los datos recabados. Pudo observarse que los cambios visualizados en las muestras son parecidos, variando entre una y otra la cantidad de aumentos y disminuciones, pero en un nivel equiparablemente similar.

Igualmente, pudo notarse que la cantidad de aumentos en la concentración de elementos en la muestra en que los restos fueron enterrados fue mayor en comparación con la cantidad de aumentos en la muestra en que los restos solo fueron depositados en superficie. Esto se condice con lo presentado dentro de la hipótesis.

Más allá de esto puede observarse que la cantidad de aumentos y disminuciones en los elementos analizados son similares entre las muestras que fueron expuestas a los restos, en comparación con la muestra testigo, denominada como "A1". Esto quiere decir que, no podría decirse que sucedió durante la experimentación específicamente lo planteado en la hipótesis inicial, ya que los aumentos no sucedieron únicamente en la muestra en la que los restos fueron enterrados, sino que sucedieron en niveles similares en ambas muestras y; se presentaron también disminuciones en dichos elementos.

## Bibliografía

### Libros con un autor:

- Fraraccio, José A. V. (2005). *Medicina Forense contemporánea*. Ed. Dosyuna, Argentina.
- Guzmán, Carlos A. 2017. *Criminalística Manual, segunda edición*. Ed. B de F. Buenos Aires.
- Hikal, Wael. *Glosario de criminología y criminalística*. México, Ed. Flores. Editor y Distribuidor, 2011, p. 293.
- Moreno Gonzalez, Rafael (2014). *Manual de Introducción a la Criminalística* (Decimocuarta edición, página 436). México, editorial Porrúa.
- Patitó, José Ángel (2000). *Medicina Legal*. Ed. Centro Norte. Argentina, Buenos Aires.

### Libros con dos autores:

- Chang Raymond y Goldsby Kenneth A. *Química* (undécima edición, año 2013) capítulo 15, página 672

### Artículo electrónico:

- Diaz Zorita, Martin. (2021). *Diario Clarín virtual*. “¿Qué diferencias hay entre N-Nitratos y Nitratos y cuál se usa para planificar la dosis a aplicar?”. Disponible en: [https://www.clarin.com/rural/-diferencias-n-nitratos-nitratos-usa-planificar-dosis-aplicar-\\_0\\_GUcC1ifJB.html#:~:text=N%2DNitratos%20indica%20la%20cantidad,expresado%20como%20nitr%C3%B3geno%20\(N\).](https://www.clarin.com/rural/-diferencias-n-nitratos-nitratos-usa-planificar-dosis-aplicar-_0_GUcC1ifJB.html#:~:text=N%2DNitratos%20indica%20la%20cantidad,expresado%20como%20nitr%C3%B3geno%20(N).)
- Romero, Sarah. (2020). “¿A que huelen los cadáveres?”. Disponible en: <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/a-que-huelen-los-cadaveres-451443183199>

### Publicaciones en internet:

- Cálculo del Nitrógeno potencialmente mineralizable. Interciencia. Galvis-Spinola, Arturo y Hernández-Mendoza, Teresa M. (2004). Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442004000700008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000700008)

- Concepto de conductividad eléctrica. Disponible en: <https://concepto.de/conductividad-electrica/>
- Elementos químicos. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/ca.htm>  
<https://www.fishersci.es/es/es/periodic-table.html> (Autor Fisher)
- El suelo. Tipos y conformación. Disponible en: <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/origen-formacion-suelos/>
- PSI. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/ras-psi>