

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
INSTITUTO DE INGENIERÍA**

***MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA***



**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD OLFATIVA DE UN OFICIAL  
CANINO PARA SU USO COMO EVIDENCIA FORENSE EN LA  
DETECCIÓN DE CUERPOS HUMANOS EN DESCOMPOSICIÓN”**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:  
***DOCTOR EN CIENCIAS***

PRESENTA  
***ENRIQUE ARTURO ENRÍQUEZ GUEVARA***

DIRECTOR  
**DR. RAFAEL VILLA ANGULO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente deseo darle gracias a Dios por darme los medios necesarios para lograr la culminación de este proyecto académico que es por demás satisfactorio.

A la Universidad Autónoma de Baja California en particular al Instituto de Ingeniería por abrirme las puertas y aceptarme como su alumno de posgrado.

A mi asesor de tesis de doctorado el Dr. Rafael Villa Angulo, por la confianza que depositó en mí para la realización de este proyecto, por su apoyo intelectual, y en algunas ocasiones económico, pero sobre todo por brindarme su amistad.

A mis maestros del posgrado por su profesionalismo y entrega en sus clases.

A mis compañeros de laboratorio por brindarme su amistad y su apoyo durante esta etapa de mi vida, les estaré eternamente agradecido

A todo el personal administrativo del Instituto de Ingeniería por todas las atenciones y su buena disposición de servicio hacia mi persona.

A la Procuraduría General de Justicia del Estado de Baja California (PGJE-BC), en especial al personal que conforma al equipo K9 de dicha institución, en particular al agente Cristian Salazar por todo el apoyo brindado y las facilidades proporcionadas, así como al agente canino Iker por realizar todas las pruebas realizadas.

Al personal del Servicio Médico Forense de Mexicali Baja California, por su apoyo técnico.

A la escuela de Veterinaria de la Universidad Autónoma de Baja California por permitirnos realizar los diversos experimentos en sus instalaciones.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma me apoyaron para alcanzar esta meta.

¡Muchas Gracias!

Enrique Arturo Enríquez Guevara

## DEDICATORIA

A mis Padres Enrique y María del Carmen que me apoyaron en todo momento y que sin duda son un ejemplo a seguir.

A mis hermanos Carlos Alberto y Ana Karina por sus palabras de aliento en los momentos cruciales.

A los que se adelantaron en el camino pero que fueron cómplices de esta aventura académica y me apoyaron emocionalmente e incluso económicamente para terminar mi doctorado.

A mi familia y amigos en general quienes en su momento me brindaron alguna palabra o gesto alentándome a seguir adelante pese a las complicaciones.

En especial a mis dos pequeños motores de vida mis hijas Regina Sofía y María Fernanda por llenar de felicidad y alegría todos mis días.

Y por último, quiero dedicar y compartir este logro a mi compañera de vida, la persona que me hace el hombre más feliz, el amor de mi vida, mi esposa Teresa Efigenia por su apoyo, comprensión, paciencia, por creer en mi e impulsarme cuando pensé que ya no podía más, esto no hubiera sido posible si ella no hubiera estado a mi lado.

¡Muchas Gracias!

Enrique Arturo Enríquez Guevara

## RESUMEN

El sentido del olfato capta las señales del ambiente, al detectar las sustancias dispersas en el aire, gracias a este sentido primario especial de los caninos les es posible interpretar lo que ocurre a su alrededor, aunque las bases moleculares de esta característica sensorial permanecen desconocidas, el sentido del olfato canino ha sido utilizado por más de siete siglos por las diversas fuerzas como policíacas, y militares en la búsqueda y detección de: evidencia forense, sobrevivientes de un desastre, explosivos, drogas, restos humanos, incluso en el área de la salud se ha utilizado en la detección de cáncer, así como también en el rastreo de animales en cacería. Dicho lo anterior, el perro resulta ser una herramienta rentable para el control del crimen; esto, debido a que poseen destrezas y habilidades que con frecuencia supera las de la tecnología existente. En un hecho delictuoso, al momento de investigar la escena del crimen resulta de suma importancia la preservación de todo tipo de indicio o evidencia, siendo las partículas de olor relevantes para el esclarecimiento del hecho, en la actualidad persiste el desafío por la aceptación ante la corte de justicia, por lo detectado por estas “máquinas biológicas” pues argumentan que hay una limitada validación científica de esta técnica pericial, ya que en la actualidad, no existe una prueba estándar para evaluar la capacidad olfatoria canina. El principal objetivo de este trabajo, es diseñar e implementar un experimento que permita la evaluación sistemática de la capacidad olfativa de oficiales caninos para su uso como evidencia forense en la detección de cuerpos humanos en descomposición.

## **ABSTRACT**

The sense of smell captures the signals of the environment, by detecting the dispersed substances in the air, thanks to this special primary sense of the canines it is possible to interpret what is happening around them, although the molecular basis of this sensory feature remains unknown, the canine sense of smell has been used for more than seven centuries by the diverse forces as police, and military in the search and detection of: forensic evidence, survivors of a disaster, explosives, drugs, human remains, even in the area of health has been used in the detection of cancer, as well as in the tracking of animals in hunting. What this we can say, the dog turns out to be a profitable tool for crime control; This is because they have skills and abilities that often exceed those of existing technology. In a criminal act, at the moment of investigating the crime scene, the preservation of evidence is very important, being the odor particles relevant to the clarification of the crime, but still persists the challenge of acceptance of this evidence detected by these "biological machines" for the department of justice because they argue that there is limited scientific validation of this specialized technique, since at present, there is no standard test to evaluate canine olfactory capacity. The main objective of this work is to design and implement an experiment that allows the systematic evaluation of the olfactory capacity of canine officers for their use as forensic evidence in the detection of decomposition of human corpses.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>V</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
1.1.1 Utilidad de los perros en las corporaciones policíacas.....	3
1.1.2 La necesidad de medir la capacidad olfatoria canina.....	5
1.1.3 Odorología forense.....	6
1.1.4 La descomposición del cuerpo humano.....	8
1.1.5 Planteamiento del problema.....	9
1.1.6 Objetivo y metas.....	11
1.1.6.1 Objetivo. ....	11
1.1.6.2 Metas.....	11
<b>2. MÉTODOS</b> .....	<b>1¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
2.1 MANIFESTACIÓN ÉTICA. ....	<b>1¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
2.2 CONDICIONES DEL LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN .....	13
2.3 PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	15
2.3.1 Etapa 1. Capacidad olfativa de Iker en un área cerrada.....	15
2.3.2 Etapa 2. Capacidad olfativa de Iker en un área abierta.....	15
2.3.3 Etapa 3. Capacidad de Iker para diferenciar muestras humanas de las no humanas en un área abierta.....	17
<b>3. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS</b> . ....	<b>20</b>
3.1 EXPERIMENTACIÓN.....	20
3.1.1 Implementación y ejecución de la etapa 1 del procedimiento.....	20
3.1.2 Implementación y ejecución de la etapa 2 del procedimiento.....	26
3.1.3 Implementación y ejecución de la etapa 3 del procedimiento.....	30
3.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
3.2.1 Resultado y discusión de la primera etapa.....	33.
3.2.2 Resultado y discusión de la segunda etapa.....	36

3.2.3 Resultado y discusión de la tercer etapa.....	37
<b>4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....</b>	<b>39</b>
4.1 CONCLUSIONES. ....	40
4.2 TRABAJO FUTURO. ....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>4242</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>57</b>

## FIGURAS Y TABLAS

<b>FIGURA 1</b> SISTEMA DE ALINEACIÓN UTILIZADA PARA PROBAR LA CAPACIDAD OLFATIVA DE PERROS. ....	6
<b>FIGURA 2.</b> Fotografía del agente canino Iker .....	13
<b>FIGURA 3.</b> Área de experimentación al aire libre .....	13
<b>FIGURA 4.</b> Área de experimentación en espacio cerrado .....	14
<b>FIGURA 5</b> Recipientes con perforación para definir los niveles de dificultad para la detección de volátiles .....	17
<b>FIGURA 6</b> Muestras de pollo, res, puerco y humano, y los pozos donde se colocaron para su descomposición natural .....	18
<b>FIGURA 7</b> Occiso de sexo masculino en proceso de descomposición temprana...	19
<b>FIGURA 8</b> Occiso de sexo masculino en proceso de descomposición tardía .....	19
<b>FIGURA 9</b> Salón de entrenamiento de la PGJE.....	21
<b>FIGURA 10</b> Muestra ósea experimento 1 .....	23
<b>FIGURA 11</b> Área abierta donde se realizó la etapa 2 del experimento .....	27
<b>FIGURA 12</b> Arreglo de alineación de recipientes para ejecutar la detección de restos humanos por el agente canino Iker.....	28
<b>FIGURA 13</b> Gráfica del tiempo de frotado contra el tiempo de detección.....	35
<b>TABLA 1</b> Resultados de la etapa 1 de experimentación .....	34
<b>TABLA 2</b> Resultados de la etapa 2 de experimentación.....	37
<b>TABLA 3</b> Resultados obtenidos en la etapa 3 de experimentación .....	38

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes.

Los animales habitualmente sobreviven en su entorno debido a la información obtenida de las sustancias químicas a las que viven expuestos, por ejemplo para la búsqueda de alimentos la hacen en buena medida utilizando su olfato. Igualmente las sustancias químicas intervienen en su comportamiento social y conductas reproductoras. El sentido del olfato capta las señales del ambiente, y detecta las sustancias dispersas en el aire (también se define como la capacidad para detectar odorantes). En los mamíferos, las señales químicas son recibidas por dos sistemas olfatorios diferentes: el sistema olfatorio principal y el sistema olfatorio accesorio o vomeronasal (Breer *et. al.*, 2006; Fuentes *et. al.* 2011). El primero es el responsable de la detección de odorantes comunes y el segundo responde a las feromonas involucradas en la comunicación social (Kang *et. al.*, 2009; Fuentes *et. al.* 2011). El sentido del olfato es el único sistema que posee una modalidad “dual”, es decir, detecta los estímulos provenientes del mundo exterior y del interior del cuerpo (Rozin, 1982; Fuentes *et. al.* 2011).

Los seres humanos poseen aproximadamente 900 genes para receptores olfatorios, es decir un 3% del genoma, de los cuales 63% son no codificantes, por lo cual son llamados pseudogenes (Glusman *et. al.*, 2011; Fuentes *et. al.* 2011). El análisis del ADN mitocondrial, ha demostrado que el ADN de los perros domésticos y los lobos grises, se diferencia solo en un 0.2% (Wayne, 1993; Ostrander, 2000). Esto sugiere que la mayoría de los

rasgos que distinguen al "mejor amigo del hombre" resulta de muy pocos cambios en el genoma de uno de los enemigos tradicionales del hombre.

En 1959, Peter Karlson y Martin Lüscher propusieron una nueva palabra para definir a un grupo de sustancias químicas utilizadas en la comunicación entre los individuos de la misma especie; las llamaron feromonas. Algunos investigadores señalan que el órgano vomeronasal no existe en los seres humanos, por lo que esta teoría podría excluirnos de responder a las señales de las feromonas (Witt y Woniak, 2006; Fuentes *et. al.* 2011). Por otra parte, otros autores expresan que el ser humano podría no necesitar el órgano vomeronasal para recibir esta información, ya que ambos sistemas olfatorios se encuentran integrados en el cerebro, haciendo que el órgano vomeronasal no fuese necesario (Liberles y Buck, 2006; Fuentes *et. al.* 2011).

Los perros se domesticaron en la era Neolítica (hace aproximadamente 10,000 años), y desde entonces la reproducción selectiva ha creado cientos de razas de perros que tienen propiedades particulares deseables (Ostrander *et. al.*, 2000). En los caninos el olfato es un sentido primario especial, pues de éste se basan para interpretar lo que ocurre a su alrededor; los perros son animales macrosmáticos, confiando altamente en su sentido del olfato y mostrando excelente sensibilidad y selectividad. Sin embargo las bases moleculares de esta característica sensorial permanece desconocida; el sentido del olfato de un perro puede llegar a ser mil veces más sensible que el del humano; y es debido a este sentido especializado que se ha sugerido que los perros pueden ser utilizados como evidencia forense, pues son capaces de detectar sobrevivientes de un desastre,

explosivos, drogas, cáncer, restos humanos, y pueden ser utilizados para el rastreo de animales en cacería (Correa, 2016; Breed y Moore, 2012, Coren y Hodgson, 2010, Olender *et. al.* 2004, Scott y Fuller 1965, Moulton *et. al.* 1977, Jezierski *et. al.* 2014, Gazit y Terkel 2003, Bijland *et. al.* 2013, Gadbois y Reeve 2014, Fenton 1992, Cablk *et. al.* 2008, Rolland *et. al.* 2006, Sommerville *et. al.* 1993, Settle *et. al.* 1994; Riezzo *et. al.* 2014, ).

### **1.1.1 Utilidad de los perros en las corporaciones policíacas.**

Las diversas corporaciones policíacas han utilizado a los perros policías como una herramienta para combatir el crimen por más de siete siglos, la principal razón es que los perros son un medio rentable para el control del crimen, estos poseen destrezas y habilidades que con frecuencia superan las de la tecnología existente. Su uso en el pasado ha brindado a la policía un instrumento valioso que, si se usa adecuadamente, puede mejorar tanto la eficiencia como la eficacia de la vigilancia policial. Sin embargo, se ha realizado poca investigación empírica sobre el despliegue de perros policías como acompañante de las corporaciones policíacas en escenas de crimen (Mesloh, 2006). La experiencia perceptiva de los perros con su entorno sigue siendo inescrutable. Para conocer la percepción de los perros es importante comprender cómo evolucionaron los perros y por qué los humanos los encuentran tan atractivos. Debido a que solo podemos intuir sus percepciones a partir de sus comportamientos, los métodos tradicionales pueden fallar en dilucidar lo que los perros perciben realmente y si tienen respuestas emocionales similares a los humanos (Darwin, 1872; Panksepp, 2004; Bekoff, 2007; Berns, 2015).

Se cree que el olfato de los perros es quizás el sentido más importante, de ahí el interés de estudiar la cognición social de los perros y los humanos (Thesen et al., 1993; Miklosi, 2007). La evidencia manifiesta que los perros pueden diferenciar otros miembros de su misma especie solo por el olor (Bekoff, 2001). Los perros bien entrenados pueden “unir” esencias de diferentes partes del cuerpo de la misma persona (Hepper, 1988; Schoon & Bruin, 1994).

Se ha reportado que los niveles de detección de la capacidad olfativa de los perros es de 10,000 hasta 100,000 veces más sensible que la del humano promedio y el límite inferior de los caninos en la detección de compuestos orgánicos volátiles es de una parte por trillon (ppt) (Walker D, *et. al.* 2006; Jenkins *et. al.* 2018). Este sentido tan sobresaliente de los perros les da la habilidad de detectar una vasta cantidad de compuestos químicos que solo se diferencian en su estructura estereoquímica (Riezzo *et. al.* 2014, Buck 2004), e incluso una cantidad mínimas de un olor particular puede ser detectada y reconocida debido a la extraordinaria sensibilidad de la nariz del perro (Williams & Johnston 2002, Hepper & Wells 2005, Walker *et. al.* 2006, Riezzo *et. al.* 2014). Sin embargo, poco se conoce acerca de la efectividad en la detección, al igual de como optimizarla, por lo que existe un nicho que se muestra prometedor para explotarlo en beneficio del hombre de la especie canina; por lo que la efectividad de estos “dispositivos biológicos especiales” debe ser más estudiada, y sometida al mismo nivel de control científico que otras tecnologías de detección (Williams & Johnston 2002).

### **1.1.2 La necesidad de medir la capacidad olfatoria canina.**

La literatura tradicional sobre el estudio de los caninos se ha centrado en la necesidad de establecer estándares internacionales y científicamente validados (Schoon 1996, Schoon 1994, Schoon 2005, Oesterhelweg *et. al.* 2008, DeGreeff 2012), y se ha señalado que la ciencia forense exige un nivel de validez muy alto (Schoon 1996).

La literatura existente sobre la detección del rendimiento del perro, consiste en estudios que describen las capacidades olfativas básicas. Los estudios de detección de perros se han limitado en gran medida a demostrar la utilidad de los perros como detectores de diversas sustancias, sin embargo, poco se sabe acerca de la forma en que los perros son entrenados, el diseño experimental de identificaciones, y, en consecuencia, sobre la fiabilidad de las propias identificaciones (Schoon 1996, Williams & Johnston 2002, Riezzo *et. al* 2014).

Actualmente, no existe una prueba estándar para evaluar la capacidad olfatoria canina. Estudios previos han tratado de medir esta habilidad basándose en perros entrenados con muestras pequeñas indicando la presencia de esencias biológicas en algún dispositivo de prueba (Becker *et. al.* 1962, Fischer-Tenhagen 2011, Johnen 2013, Walker 2006, Hall 2013). Un ejemplo para evaluar la capacidad olfatoria canina es el uso de un sistema de "alineación" donde el perro se enfrenta a una tarea de coincidencia con la muestra donde debe indicar qué opción en una alineación contiene el aroma objetivo (Gadbois y Reeve 2014), tal y como se muestra en la figura 1. Sin embargo, este modelo puede presentar ciertas desventajas, esto debido a que si las esencias no representan nada para el perro este debe de tener un

entrenamiento especial sobre la detección de dicho esencia, poniendo en duda si se evalúa la capacidad olfatoria canina o el entrenamiento del perro, pero provee un buen punto de partida para la investigación de la capacidad olfatoria canina (Polgár *et. al.* 2016).



Figura 1. Sistema de alineación utilizada para probar la capacidad olfativa de perros.

### 1.1.3 Odorología forense.

Existe un nuevo concepto, una nueva técnica denominada Odorología forense. Sin embargo, este término no ha sido aceptado o incluido en el Diccionario de la Real Academia Española, pues hasta la fecha no contempla el concepto de “Odorología”. Cabe mencionar que en otros países existe y se aplica por Unidades específicas de Policía Judicial o Científica, en su caso, pertenecientes a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, como es el caso de Suecia, Holanda, Dinamarca, Alemania, Bélgica, Cuba, etc. (Silueta y Ramírez, 2004). El Doctor médico veterinario Mario Rolando Rosillo define la Odorología forense como: “técnica científico pericial, cuyos indicios biológicos

(huellas olorosas) son de interés criminal, lo cual permite contar con información muy precisa de la identidad del individuo del cual proviene el indicio” (Rosillo, 2007; Giménez, 2015). También se ha definido a la odorología forense como una técnica criminalística que permite gestionar las huellas olorosas del lugar de comisión de un crimen o delito, recogerlas, almacenarlas y peritarlas, para evidenciar o no, la presencia de una determinada persona en el escenario del acto delictivo (Giménez, 2015).

La Odorología Forense es una herramienta que utilizan las corporaciones policiacas y militares con el apoyo de caninos en las ciencias forenses, un uso importante de esta ciencia en la investigación forense es la detección de la huella olorosa humana, a veces llamada “la evidencia olvidada”, la cual, es útil en cuando evidencia como el ADN o huellas digitales, no existen o no pueden ser utilizadas, teniendo en cuenta que la base de la Odorología Forense es recoger dicha huella olorosa humana directamente en la escena del crimen, con el fin de entablar una asociación con la huella olorosa de la persona sospechosa. Esto es posible gracias a la capacidad olfativa del canino, el cual discrimina y diferencia esa huella olorosa bajo un protocolo de alto rigor dentro de un peritaje forense. Cabe mencionar que la huella olorosa humana es una característica física única de cada individuo y que consecuentemente es dejada en cada locación, objeto o camino dentro del cual el sujeto en cuestión ha estado en contacto. La huella de olor humana está formada por los compuestos orgánicos volátiles que emanan del cuerpo como una combinación de varios procesos tales como: secreciones glandulares en nuestra piel, factores externos aplicados a la misma (contaminación ambiental, cremas aplicadas en la superficie,

cosméticos, productos de higiene corporal), y la acción de microbios en el cuerpo humano. En algunos en países europeos, como Holanda o Finlandia, la odorología es aceptada en cortes jurídicas, en otras naciones como Estados Unidos, aún es un desafío su aceptación ante cortes de justicia, pues argumentan que hay una limitada validación científica de esta técnica pericial (Prada 2017). A este método de identificación con la ayuda de perros adiestrados se le puede denominar técnica canina.

#### **1.1.4 La descomposición del cuerpo humano.**

La descomposición humana inicia cuatro minutos después de haber perdido la vida, por un proceso llamado autólisis. Las células del cuerpo son desprovistas de oxígeno, el bióxido de carbono se incrementa en la sangre el pH disminuye y los desechos se acumulan siendo “venenos” celulares, las enzimas celulares comienzan a disolver las células desde adentro hacia afuera causando eventualmente su ruptura y la liberación de fluidos ricos en nutrientes; cabe mencionar que este proceso comienza y progresa más rápidamente en tejidos con alta contenido enzimático como el hígado y alto contenido de agua como el cerebro, pero eventualmente afecta todas las células del cuerpo. El proceso de autólisis no se manifiesta de forma visible sino hasta unos días después. Continúa el proceso de descomposición humana con la putrefacción; en este proceso, comienza la destrucción de los tejidos por acción de los microorganismos, tales como las bacterias, hongos y protozoos. El primer signo visible de putrefacción es una coloración verdosa de la piel debido a la formación de sulfatohemoglobina en sangre sedimentada, este proceso está asociado a la fermentación anaeróbica. Por último llega la momificación que es el resultado final del tejido, es decir, piel

sin valor nutritivo formado por la desecación y deshidratación del tejido. La momificación se desarrolla mejor en zonas desérticas (calor seco y de muy poca humedad). Por otra parte la descomposición de los huesos sigue un proceso complejo llamado diagénesis, proceso natural que altera la composición orgánica e inorgánica del hueso expuesto al medioambiente, especialmente en condiciones húmedas. El proceso de descomposición humana es un proceso muy complejo como podemos notar, pero ¿Cuánto tiempo toma en llevarse a cabo este proceso? Sabemos que la descomposición depende en gran medida de las condiciones ambientales principalmente de la temperatura y la humedad. Existe una fórmula propuesta para estimar el tiempo de la descomposición  $y=1285/x$ , donde  $y$  es el número de días que tardara en momificarse y  $x$ , la temperatura promedio en grados centígrados durante el proceso de descomposición (Vass 2001).

#### **1.1.5 Planteamiento del problema.**

En México, uno de los principales problemas que causa incertidumbre en los jueces en materia penal al momento de emitir una sentencia es la falta de evidencia, esto es debido al poco material probatorio recolectado de la escena del crimen y analizado con fines periciales. Lo anterior, nos muestra la importancia de que las instituciones encargadas de la administración de justicia en el país y en las entidades federativas se apeguen a tecnologías y procedimientos que permitan analizar aquellos elementos que escapan a los sistemas de identificación convencionales, siendo el olor uno de estos elementos que poco o nada ha sido analizado como indicio o evidencia para el esclarecimiento de un hecho delictuoso. Se sabe que el olor de un humano puede ser transmitido a un objeto u otra persona a través de los elementos

que lo constituyen, lo cual tiene su explicación en el principio de intercambio de Edmound Locard, el cual sostiene que, derivado de la interacción de dos o más objetos, algunos de los elementos que los constituyen son transferidos de uno al otro. Esta muestra de los elementos constitutivos del olor transferidos a un objeto se le puede denominar "huella de olor". Para lograr un estudio apropiado de la huella de olor es necesario implementar un sistema de identificación específico (Giménez, 2015).

En los cadáveres la generación de olor inicia cuando se empiezan a presentar fenómenos cadavéricos tempranos, siendo las bacterias y ciertas enzimas las principales de generar las diversas partículas características de olor.

Para lograr la implementación de la Odorología Forense con técnica canina en México se requiere de experimentación y validación por las autoridades o universidades mexicanas para generar confianza y aceptación.

### **1.1.6 Objetivo y metas.**

Para el desarrollo de este proyecto de tesis doctoral se propone el siguiente objetivo y metas:

#### **1.1.6.1 Objetivo.**

Diseñar e implementar un experimento que permita la valoración sistemática de la capacidad olfativa de oficiales caninos para su uso como evidencia forense en la detección de cuerpos humanos en descomposición.

#### **1.1.6.2 Metas.**

Las metas a realizar para el cumplimiento del objetivo son las siguientes:

1. Realizar un estudio del estado del arte sobre las técnicas para medir la capacidad olfativa de los perros.
2. Realización de pruebas de medición de capacidad olfativa con agentes caninos de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Baja California (PGJE).
3. Diseñar e implementar un experimento para medir de forma sistemática la capacidad olfativa de un agente canino der la PGJE.
4. Evaluar el desempeño tanto del agente canino como del experimento.
5. Documentar y publicar los resultados.

## 2. METODOS

### 2.1 Manifestación ética.

Esta investigación involucró la experimentación con animales (oficial canino), la cual se llevó a cabo con el permiso del manejador (elemento activo y responsable del departamento de la policía canina “K9”), así como también, con el consentimiento de la corporación policiaca (Procuraduría General de Justicia del Estado de Baja California), a la cual pertenecen los oficiales. El manejador (agente Salazar) del oficial canino de nombre Iker, manifestó comprender el objetivo del estudio, al igual que el procedimiento del mismo. Se vigiló de forma permanente la integridad física del oficial canino y no se le causó daño físico ni psicológico durante el desarrollo de esta investigación. Los datos del agente canino son los siguientes:

Sujeto de estudio oficial canino:

- Nombre: Iker
- Raza: Pastor belga
- Edad: 3 – 4 años
- Sexo: Macho
- Oficio: Policía canino certificado

La figura 2 muestra una fotografía del agente canino Iker.



Figura 2. Fotografía del agente canino Iker.

## 2.2 Condiciones del lugar de experimentación.

La experimentación se desarrolló tanto en lugares al aire libre como en lugares cerrados. El sitio al aire libre consistió de un área plana con pastizal, alejada de la zona urbana, la cual estaba rodeada de animales de granja. La figura 3 muestra una fotografía del área.



Figura 3. Área de experimentación al aire libre.

El área cerrada consistió de un espacio de experimentación de la PGJE. Este tiene la forma de un salón de clases, acondicionado para entrenamientos de oficiales. La figura 4 muestra una imagen del área.

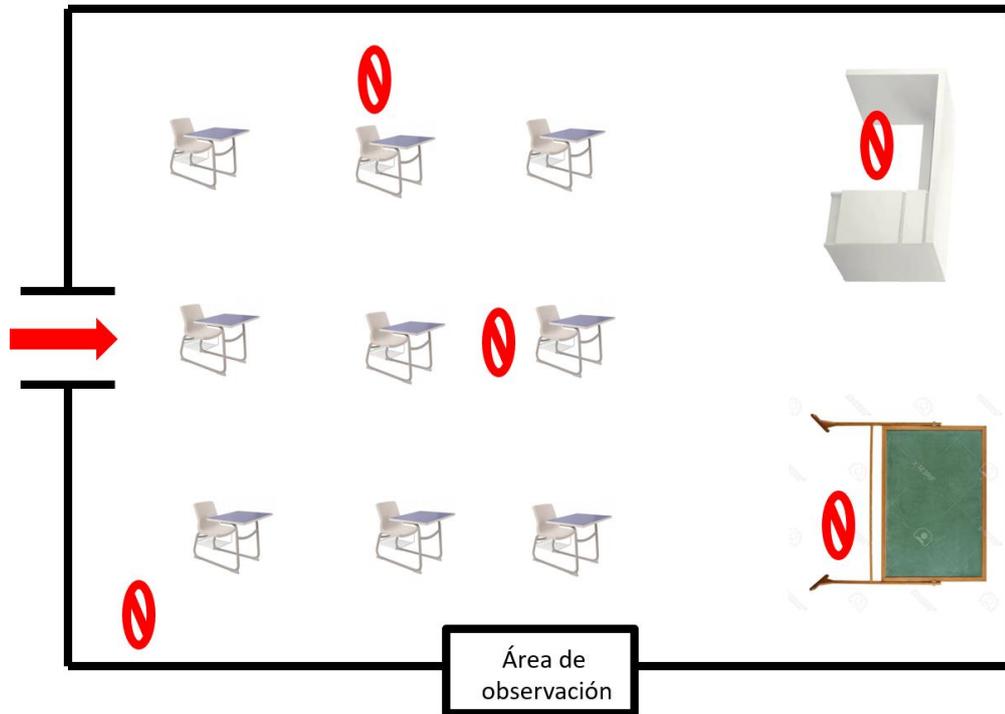


Figura 4. Área de experimentación en espacio cerrado

Antes de iniciar cada etapa del proceso experimental, el oficial canino Iker se preparó según lo estipulado por los lineamientos de su entrenamiento, de la misma manera como lo hace antes de cada intervención oficial.

El experimento se realizó en Mexicali B.C. México, tanto en invierno como en verano, durante el período 2017 -2018. Esto debido a la agenda de trabajo del oficial canino Iker.

### **2.3 Procedimiento del experimento.**

El experimento se llevó a cabo en tres etapas las cuales se describen a continuación:

#### **2.3.1 Etapa 1: Capacidad olfativo de Iker en un área cerrada.**

Esta etapa se realizó en un área cerrada. En esta se utilizaron muestras óseas (vértebras) de origen humano sexo no proporcionado en estado de descomposición tardía (esqueletización), las cuales fueron proporcionadas por la Procuraduría General Judicial del Estado de Baja California. El experimento se llevó a cabo en un lugar cerrado (25 m<sup>2</sup> aproximadamente), adaptado a manera de salón escolar, lugar utilizado por la unidad canina (PGJE-K9) para realizar entrenamientos oficiales. Se eligieron de forma aleatoria diversos lugares tipo “escondite”, es decir, la muestra ósea no se encontraba a simple vista por lo que era necesario iniciar con un proceso de búsqueda.

Para la búsqueda de la muestra se captó su esencia (olor) mediante frotamiento con gasas estériles, variando el tiempo de contacto, el cual fue desde 1 hasta 60 segundos.

#### **2.3.2 Etapa 2: Capacidad olfativa de Iker en un área abierta.**

Esta etapa se realizó en área abierta. En esta se utilizó 1 cm<sup>2</sup> de intestino humano aproximadamente, de una persona de sexo femenino en un estado de descomposición temprana. La muestra fue proporcionada por la Procuraduría General de Justicia del Estado, la cual, presentaba al olfato humano un olor característico de descomposición.

Se restringió el experimento a un tiempo límite de detección de 60 segundos, siendo este un factor de dificultad para el agente canino, presentando además, diversos grados de dificultad, mismos que se describen más adelante. Se colocó el tejido humano en un contenedor estéril con capacidad de 90 cc, se dejó 5 minutos para que se formará una “laguna de olor”. Posteriormente se colocaron en una línea con 5 puntos y una separación aproximada de 5 metros entre cada uno de ellos. En uno de los puntos (seleccionado de forma aleatoria) se colocó la muestra, se hizo pasar al agente canino sobre la línea para que utilizando su olfato pudiera detectar la posición donde se “escondía” la muestra humana, señalando la posición de esta con un ladrido (con esto le indica a su manejador que ahí se encuentra la muestra).

Esta prueba además del tiempo limitado presentó varios niveles de dificultad, los cuales se mencionan a continuación:

- a. Nivel cero (mínima dificultad). Contenedor completamente destapado.
- b. Nivel uno. Contenedor tapado con 5 agujeros de 0.5 cm de diámetro aproximadamente.
- c. Nivel dos. Contenedor tapado con 3 agujeros de 0.5 cm de diámetro aproximadamente.
- d. Nivel tres. Contenedor tapado con 1 agujero de 0.5 cm de diámetro aproximadamente.
- e. Nivel cuatro (máxima dificultad). contenedor tapado.

La figura 5 muestra los recipientes con las perforaciones utilizadas para limitar la velocidad de escape de olor, y definir niveles de dificultad para la detección de volátiles.



Figura 5. Recipientes con perforación para definir los niveles de dificultad para la detección de volátiles.

### **2.3.3 Etapa 3: Capacidad de Iker para diferenciar muestras humanas de las no humanas en un área abierta.**

Esta etapa se realizó en área abierta. En esta se midió la capacidad del oficial canino para diferenciar tejidos humanos de tejidos no humanos, el diseño del experimento se realizó similar al de la etapa 2. Se utilizó un fragmento óseo de occiso de sexo masculino en estado de descomposición temprana, mismo que fue proporcionado por la PGJE. Así mismo, se utilizaron muestras de origen animal (en un inicio frescas), las cuales fueron enterradas durante 21 días a una profundidad de 30 cm. aproximadamente (figura 4), mostrando así etapas iniciales de descomposición.

Las muestras a utilizar fueron:

1. Hueso y músculo de pollo.
2. Hueso y músculo de res.
3. Hueso y músculo de puerco.
4. Hueso humano en proceso de descomposición etapa temprana y tardía (figuras 7 y 8).



Figura 6. Muestras de pollo, res, puerco y humano, y los pozos donde se colocaron para su descomposición natural.



Figura 7. Occiso de sexo masculino en proceso de descomposición temprana.



Figura 8. Occiso de sexo masculino presentando fenómenos cadavéricos correspondientes a una descomposición tardía

### **3. EXPERIMENTACION Y RESULTADOS**

#### **3.1 Experimentación.**

La experimentación consistió en implementar tres etapas de pruebas de la capacidad olfativa del agente canino Iker. La primera etapa fue diseñada e implantada con el propósito de observar las condiciones en las que el agente canino es entrenado, y medir, en esas condiciones, el rendimiento de detección en tiempo y efectividad. La segunda etapa fue diseñada e implementada para probar la capacidad de detección de restos humanos en un área abierta, con condiciones no controladas de temperatura, aire, suelo y todas las variables que involucra el ambiente externo. La tercera etapa fue diseñada e implementada para probar la capacidad del oficial canino para diferenciar tejidos humanos de tejidos no humanos, al igual que la anterior, en un área abierta, con condiciones no controladas de temperatura, aire, suelo y todas las variables que involucra el ambiente externo. A continuación se describe el desarrollo de cada una de las etapas.

##### **3.1.1 Implementación y ejecución del etapa 1 del procedimiento.**

La etapa 1 del experimento consistió en hacer pruebas de detección de restos de hueso humano al agente canino Iker, en las condiciones en que es entrenado. Esta se realizó en el área cerrada del campo de entrenamiento de los oficiales caninos (K9) de la PGJE de Baja California, el mes de enero de 2017. El área corresponde a un salón tipo escolar de aproximadamente 25 m<sup>2</sup>, como se muestra en la figura 7. Con el propósito de ejecutar esta etapa asemejando lo mayormente posible algunos escenarios reales en los que

trabajan los agentes caninos, se bloqueó la filtración de luz solar (debido que los caninos trabajan generalmente de noche o por la madrugada, en casos reales), y la luz artificial era tenue, lo cual, en ciertas áreas la visibilidad era parcial-escasa.

Para ejecutar la sesión del experimento se eligieron siete lugares dentro del salón, de tal forma que cuatro lugares fueran visibles desde la entrada, y tres fueran no visibles (escondidos). Esta estrategia se eligió con el propósito de verificar si el oficial canino se guía por su sentido visual, o por su sentido de olfato, al iniciar la búsqueda. Los lugares seleccionados se visualizan en la figura 9.

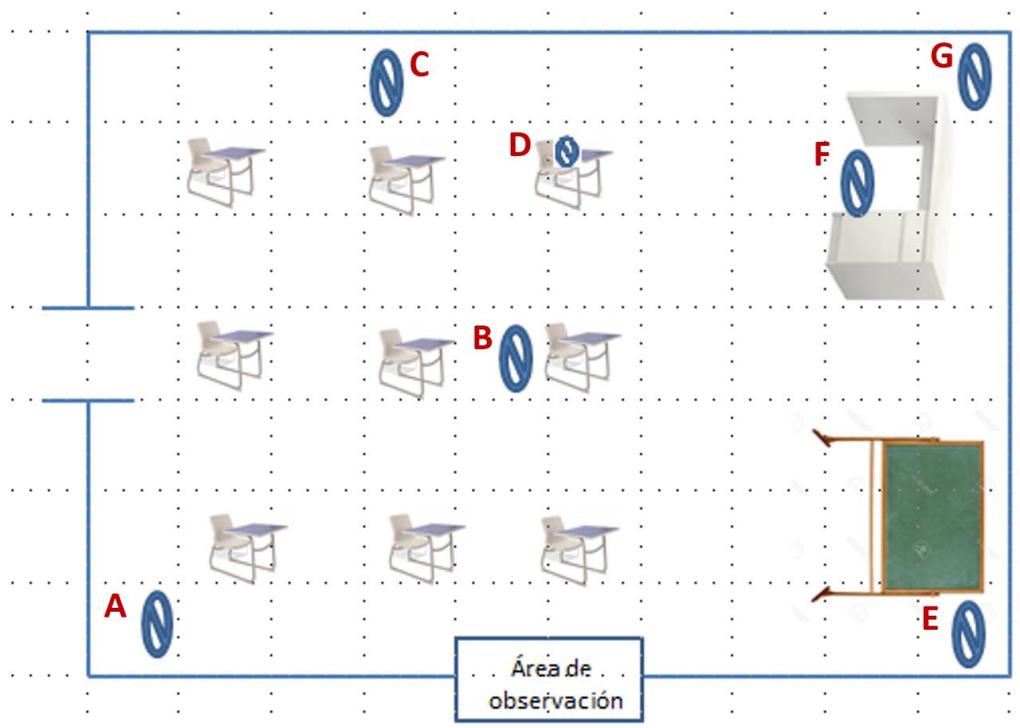


Figura 9. Salón de entrenamiento de la PGJE, donde se realizó la etapa 1 del experimento. Los lugares marcados con un círculo azul corresponden a las posiciones donde se ubicó la muestra en cada una de las ejecuciones.

Antes de iniciar con la ejecución de las siete sesiones de búsqueda, se realizó una prueba inicial con el propósito de verificar que los recipientes que se utilizarían como contenedores de la muestra no fueran un factor que guiara al agente canino para encontrarla. Para esto, se tomó un recipiente estéril tipo vaso para muestras de laboratorio y se colocó (vacío) en el centro del salón. Se inició una búsqueda por el agente canino, dejándolo explorar por 50 segundos el salón. Después de este tiempo el agente canino no mostró interés por el recipiente vacío, por lo que se determinó que el recipiente no influiría en la búsqueda.

Se realizaron siete ejecuciones de búsqueda, colocando una muestra única en cada una de las ejecuciones. Para variar el aspecto físico, y la complejidad de la muestra que generalmente se utiliza para entrenamiento del agente, la cual es una porción de hueso humano, se decidió frotar una gasa estéril de 1cm<sup>2</sup> por un cierto tiempo específico, y utilizar la gasa como objeto de búsqueda, introduciéndola en un recipiente esterilizado tipo vaso para muestras de laboratorio, sin tapa para permitir que saliera el olor. La figura 10 muestra un fragmento óseo humano que es habitualmente utilizado para entrenamiento de los agentes caninos, y un recipiente esterilizado conteniendo una gasa que fue frotada con el hueso, capturando el olor.



Figura 10. Muestra ósea utilizada por la PGJE-BC para entrenar agentes caninos. A la izquierda se presenta una muestra de hueso humano en condiciones de intemperie. A la derecha se muestra una gasa con restos óseos, capturados al frotarlo con la muestra de hueso.

En cada una de las ejecuciones se frotó la gasa por tiempo distinto y se colocó en distinta posición del salón. En todo momento la muestra de hueso fue manipulada usando guantes aislantes de látex, los cuales fueron desechados y reemplazados cada vez que se tuvo contacto con la muestra, para evitar la impregnación de olor en las manos del ejecutante, y evitar que el olor de las manos pasara al recipiente de la gasa. Las ejecuciones se realizaron como sigue:

**Ejecución 1.** En la primera ejecución se frotó la gasa por 1 segundo, con el hueso, y se colocó en el recipiente. Esta fue colocada en la posición que se muestra marcada con la letra “A” en la figura 7. Esta posición corresponde a la más cercana a la entrada del salón, que es donde inició su búsqueda el agente canino. La muestra quedó totalmente visible desde la entrada. Las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino?, con respuesta “sí” o “no”; b) el tiempo que

duró en encontrarla, y c) si el agente al iniciar su búsqueda se movió directamente a la muestra?, con respuesta “sí” o “no”.

**Ejecución 2.** En la segunda ejecución se frotó la gasa por 5 segundos, con el hueso, y se colocó en el recipiente. Esta fue colocada en la posición que se muestra macada con la letra “B” en la figura 7. Esta posición corresponde a la segunda más cercana a la entrada del salón. La muestra quedo totalmente visibles desde la entrada. Al igual que el anterior, las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino?, con respuesta “sí” o “no”; b) el tiempo que duró en encontrarla, y c) si el agente al iniciar su búsqueda se movió directamente a la muestra?, con respuesta “sí” o “no”.

**Ejecución 3.** En la tercera ejecución se frotó la gasa por 10 segundos, con el hueso, y se colocó en el recipiente. Esta fue colocada en la posición que se muestra macada con la letra “C” en la figura 7. Esta posición corresponde a la tercera más cercana a la entrada del salón. La muestra quedo totalmente visibles desde la entrada. Al igual que el anterior, las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino?, con respuesta “sí” o “no”; b) el tiempo que duró en encontrarla, y c) si el agente al iniciar su búsqueda se movió directamente a la muestra?, con respuesta “sí” o “no”.

**Ejecución 4.** En la cuarta ejecución se frotó la gasa por 15 segundos, con el hueso, y se colocó en el recipiente. Esta fue colocada en la posición que se muestra macada con la letra “D” en la figura 7. Esta posición corresponde a la cuarta más cercana a la entrada del salón. La muestra quedo no-visibles

desde la entrada, puesto que se colocó sobre una butaca con su respaldo hacia la puerta. Al igual que el anterior, las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino?, con respuesta “si” o “no”; b) el tiempo que duró en encontrarla, y c) si el agente al iniciar su búsqueda se movió directamente a la muestra?, con respuesta “si” o “no”.

**Ejecución 5.** En la quinta ejecución se frotó la gasa por 20 segundos, con el hueso, y se colocó en el recipiente. Esta fue colocada en la posición que se muestra macada con la letra “E” en la figura 7. Esta posición corresponde a la quinta más cercana a la entrada del salón. La muestra quedó no-visible desde la entrada, puesto que se colocó detrás de un mueble tipo pizarra. Al igual que el anterior, las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino?, con respuesta “si” o “no”; b) el tiempo que duró en encontrarla, y c) si el agente al iniciar su búsqueda se movió directamente a la muestra?, con respuesta “si” o “no”.

**Ejecución 6.** En la sexta ejecución se frotó la gasa por 40 segundos, con el hueso, y se colocó en el recipiente. Esta fue colocada en la posición que se muestra macada con la letra “F” en la figura 7. Esta posición corresponde a la sexta más cercana a la entrada del salón. La muestra quedó no-visible desde la entrada, puesto que se colocó debajo de un escritorio. Al igual que el anterior, las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino?, con respuesta “si” o “no”; b) el tiempo que duró en encontrarla, y c) si el agente al iniciar su búsqueda se movió directamente a la muestra?, con respuesta “si” o “no”.

**Ejecución 7.** En la séptima ejecución se frotó la gasa por 60 segundos, con el hueso, y se colocó en el recipiente. Esta fue colocada en la posición que se muestra macada con la letra “G” en la figura 7. Esta posición corresponde a la más alejada de la entrada del salón. La muestra quedó no-visible desde la entrada, puesto que se colocó detrás de un escritorio. Al igual que el anterior, las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino?, con respuesta “sí” o “no”; b) el tiempo que duró en encontrarla, y c) si el agente al iniciar su búsqueda se movió directamente a la muestra?, con respuesta “sí” o “no”.

Después de las 7 ejecuciones, el experimento fue finalizado realizando una última prueba, la cual consistió en colocar una porción de gasa estéril, no frotada con la muestra de hueso, en un recipiente nuevo, colocándola al centro del salón e indicando al agente canino que realizara la búsqueda. Después de unos segundos el agente arribó al recipiente y marcó con un ladrido indicando que encontró restos humanos. Esto correspondió a un error en la detección del agente canino, el cual será analizado en la sección de resultados.

### **3.1.2 Implementación y ejecución de la etapa 2 del experimento.**

La etapa 2 del experimento se diseñó e implementó para probar la capacidad de detección de restos humanos del agente canino Iker, en un área abierta con condiciones no controladas de temperatura, aire, suelo y todas las variables que involucra el ambiente externo. Esta se realizó en un área de jardín del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California. La figura 11 muestra el área donde se realizó esta etapa del experimento.



Figura 11. Área abierta donde se realizó la etapa 2 del experimento.

Esta etapa del experimento se realizó en el mes de abril de 2018. La muestra consistió de una porción de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> de intestino humano, de una persona de sexo femenino, en un estado de descomposición temprana. La muestra fue proporcionada por la Procuraduría General de Justicia del Estado, la cual presentaba al olfato humano un olor característico de descomposición.

Para ejecutar el experimento se optó por generar un arreglo de alineación, colocando 5 macetas de plástico invertidas, tal como se muestra en la figura 10. A las macetas se les hizo una perforación del tamaño del diámetro de la base, para que no obstruyera la dispersión del olor de la muestra. Durante cada ejecución, sólo debajo de una de las macetas, elegida de forma aleatoria, se colocó la muestra, dentro de un recipiente tipo vaso para muestras de laboratorio.

En adición a la cubierta de plástico tipo masetta de los recipientes, a estas ejecuciones se les añadió cinco niveles de dificultad para la dispersión del olor de la muestra. Esto consistió en lo siguiente:

Se hicieron distintas perforaciones a la tapa del recipiente tipo vaso que contenía la muestra. Dependiendo de la cantidad de perforaciones, la dificultad para la dispersión del olor de la muestra aumenta. Se clasifico la dificultad en cinco niveles como sigue:

- a. Nivel cero (dificultad menor). Recipiente completamente sin tapa.
- b. Nivel uno. Recipiente cerrado con 5 perforaciones de 0.5 cm de diámetro en la tapa.
- c. Nivel dos. Recipiente cerrado con 3 perforaciones de 0.5 cm de diámetro en la tapa.
- d. Nivel tres. Recipiente cerrado con 1 perforación de 0.5 cm de diámetro en la tapa.
- e. Nivel cuatro (máxima dificultad). Recipiente cerrado sin perforaciones en la tapa.

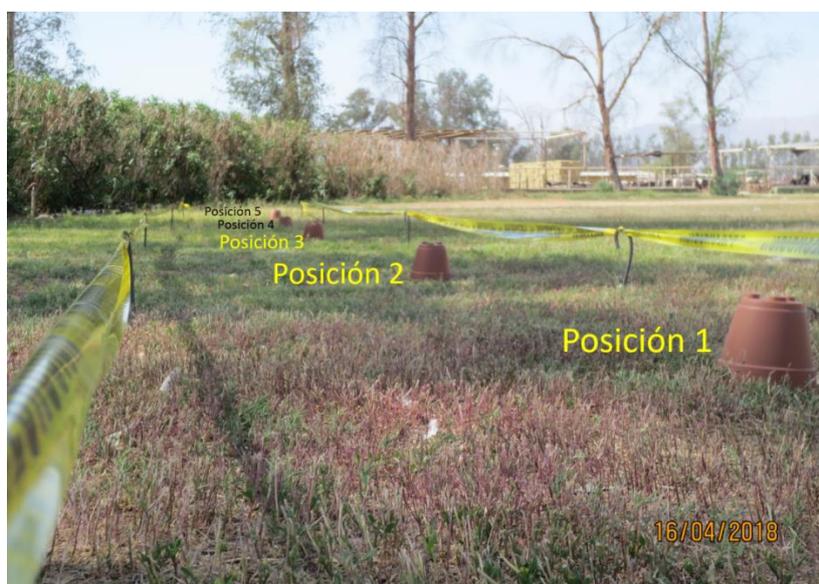


Figura 12. Arreglo de alineación de recipientes para ejecutar la detección de restos humanos por el agente canino Iker.

En la figura 5, Capítulo 2, se muestra las tapas de los recipientes con las perforaciones respectivas dependiendo el nivel de dificultad.

Se realizaron 5 ejecuciones, colocando en cada una de ellas sólo un recipiente con un grado de dificultad específico, y von ubicación aleatoria en la alineación. Las ejecuciones fueron como sigue:

**Ejecución 1.** En la primera ejecución se colocó la muestra cubierta por la maceta en la posición 3, con el recipiente nivel 0, esto es sin tapa, y se hizo al agente canino hacer la búsqueda, dando como límite de tiempo 20 segundos. La variable que se midió en la ejecución: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino, antes de 20 segundo?, con respuesta “sí” o “no”.

**Ejecución 2.** En la segunda ejecución se colocó la muestra cubierta por la maceta en la posición 2, con el recipiente nivel 1, esto es, con cinco perforaciones, y se hizo al agente canino hacer la búsqueda, dando como límite de tiempo 20 segundos. La variable que se midió en la ejecución: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino, antes de 20 segundo?, con respuesta “sí” o “no”.

**Ejecución 3.** En la tercera ejecución se colocó la muestra cubierta por la maceta en la posición 2, con el recipiente nivel 2, esto es, con tres perforaciones, y se hizo al agente canino hacer la búsqueda, dando como límite de tiempo 20 segundos. La variable que se midió en la ejecución: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino, antes de 20 segundo?, con respuesta “sí” o “no”.

**Ejecución 4.** En la cuarta ejecución se colocó la muestra cubierta por la maceta en la posición 3, con el recipiente nivel 3, esto es, con una perforación, y se hizo al agente canino hacer la búsqueda, dando como límite de tiempo 20 segundos. La variable que se midió en la ejecución: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino, antes de 20 segundos?, con respuesta “sí” o “no”.

**Ejecución 5.** En la quinta ejecución se colocó la muestra cubierta por la maceta en la posición 3, con el recipiente nivel 4, esto es, con el recipiente cerrado sin perforaciones, y se hizo al agente canino hacer la búsqueda, dando como límite de tiempo 20 segundos. La variable que se midió en la ejecución: a) si la muestra fue encontrada por el agente canino, antes de 20 segundos?, con respuesta “sí” o “no”.

### **3.1.3 Implementación y ejecución de la etapa 3 del experimento.**

La etapa 3 del experimento se diseñó e implementó para medir la capacidad del oficial canino para diferenciar tejidos humanos de tejidos no humanos, en un área abierta con condiciones no controladas de temperatura, aire, suelo y todas las variables que involucra el ambiente externo. Esta se realizó en la misma área de jardín del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, de la etapa 2.

La muestra consistió de un fragmento óseo de occiso de sexo masculino en estado de descomposición temprana, mismo que fue proporcionado por la PGJE. Así mismo, se utilizaron muestras de origen animal (en un inicio frescas), las cuales fueron enterradas durante 21 días a una profundidad de

30 cm. Al ser desenterrada, las muestras mostraban grado de descomposición.

Las muestras utilizadas fueron:

1. Hueso y músculo de pollo.
2. Hueso y músculo de res.
3. Hueso y músculo de cerdo.
4. Hueso humano en proceso de descomposición etapa temprana y tardía.

El anexo 1 presenta un breviarío fotográfico del trabajo de obtención de la muestra humana, y del proceso de entierro y recuperación de las muestras no humanas.

Se realizaron 5 ejecuciones. En cada una de ellas se utilizaron todas la muestras (pollo, res, cerdo y humano), colocándolas de forma aleatoria en los recipientes. Las ejecuciones fueron como sigue:

**Ejecución 1.** En la primera ejecución se colocaron las 4 muestra en recipientes esterilizados sin tapa, cubiertas por las macetas invertidas, como en la etapa 2. La colocación fue en el siguiente orden: en la posición 1 se ubicó la muestra de cerdo, en la posición 2 se ubicó la muestra humana; en la posición 3 se ubicó la muestra vacía; en la posición 4 se ubicó la muestra de pollo y en la posición 5 se ubicó la muestra de res. Las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si el agente canino marcó (ladró) indicando que encontró restos humanos?, con respuesta “sí” o “no”; y b) Si el agente marcó, que muestra fue la que marcó?

**Ejecución 2.** En la segunda ejecución se colocaron las 4 muestra en recipientes esterilizados sin tapa, cubiertas por las macetas invertidas, como en la etapa 2. La colocación fue en el siguiente orden: en la posición 1 se ubicó la muestra vacía, en la posición 2 se ubicó la muestra de pollo; la posición 3 se ubicó la muestra de res; en la posición 4 se ubicó la muestra humana y en la posición 5 se ubicó la muestra de cerdo. Las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si el agente canino marcó (ladró) indicando que encontró restos humanos?, con respuesta “sí” o “no”; y b) Si el agente marcó, que muestra fue la que marcó?

**Ejecución 3.** En la tercera ejecución se colocaron las 4 muestra en recipientes esterilizados sin tapa, cubiertas por las macetas invertidas, como en la etapa 2. La colocación fue en el siguiente orden: en la posición 1 se ubicó la muestra pollo, en la posición 2 se ubicó la muestra de res; la posición 3 se ubicó la muestra humana; en la posición 4 se ubicó la muestra de cerdo y en la posición 5 se ubicó la muestra de vacía. Las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si el agente canino marcó (ladró) indicando que encontró restos humanos?, con respuesta “sí” o “no”; y b) Si el agente marcó, que muestra fue la que marcó?

**Ejecución 4.** En la cuarta ejecución se colocaron las 4 muestra en recipientes esterilizados sin tapa, cubiertas por las macetas invertidas, como en la etapa 2. La colocación fue en el siguiente orden: en la posición 1 se ubicó la muestra pollo, en la posición 2 se ubicó la muestra vacía; la posición 3 se ubicó la muestra de cerdo; en la posición 4 se ubicó la muestra humana y en la posición 5 se ubicó la muestra de res. Las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si el agente canino marcó (ladró) indicando que

encontró restos humanos?, con respuesta “sí” o “no”; y b) Si el agente marcó, que muestra fue la que marcó?

**Ejecución 5.** En la quinta ejecución se colocaron las 4 muestra en recipientes esterilizados sin tapa, cubiertas por las macetas invertidas, como en la etapa 2. La colocación fue en el siguiente orden: en la posición 1 se ubicó la muestra humana, en la posición 2 se ubicó la muestra de cerdo; la posición 3 se ubicó la muestra de vacía; en la posición 4 se ubicó la muestra de res y en la posición 5 se ubicó la muestra de pollo. Las variables que se midieron en la ejecución fueron: a) si el agente canino marcó (ladró) indicando que encontró restos humanos?, con respuesta “sí” o “no”; y b) Si el agente marcó, que muestra fue la que marcó?

### **3.2 Resultados y discusión.**

Una vez ejecutadas las tres etapas de experimentación se obtuvieron datos precisos sobre la capacidad olfativa del agente canino Iker. A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada etapa.

#### **3.2.1 Resultados y discusión de la primera etapa.**

En la primera etapa, cuyo propósito fue observar las condiciones en las que el agente canino es entrenado, para medir, en esas condiciones, el rendimiento de detección en tiempo y efectividad, se obtuvieron los resultados que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la etapa 1 de experimentación.

TIEMPO DE FROTADO (SEG)	TIEMPO DE DETECCIÓN (SEG)	SE DIRIGIÓ EL AGENTE DIRECTAMENTE A LA MUESTRA?
60	32	No
40	72	No
20	51	No
15	33	No
10	8	No
5	81	No
1	8	No

Como podemos observar en la tabla 1, el tiempo de frotado con el hueso humano sobre la gasa utilizada para las pruebas de detección, no sigue la misma tendencia que el tiempo que tarda el agente en encontrar la muestra. Al calcular la correlación resultó de 0.0325, la cual es muy baja. Esto podemos interpretarlo como un indicativo de que el agente es capaz de detectar muestras humanas sin que la intensidad del olor sea un factor determinante para ser detectada. Y, es importante notar que esta etapa del experimento no está diseñada tomando en cuenta la distancia a la que el agente se aproximará a la muestra (en todas la ejecuciones el agente se acerca al punto de tocar con su nariz la muestra), por lo que al parecer es indistinta la cantidad de muestra depositada en la gasa, el agente igualmente la detecta al estar explorando el área. La figura 11 muestra la gráfica del tiempo de frotado contra el tiempo de detección.

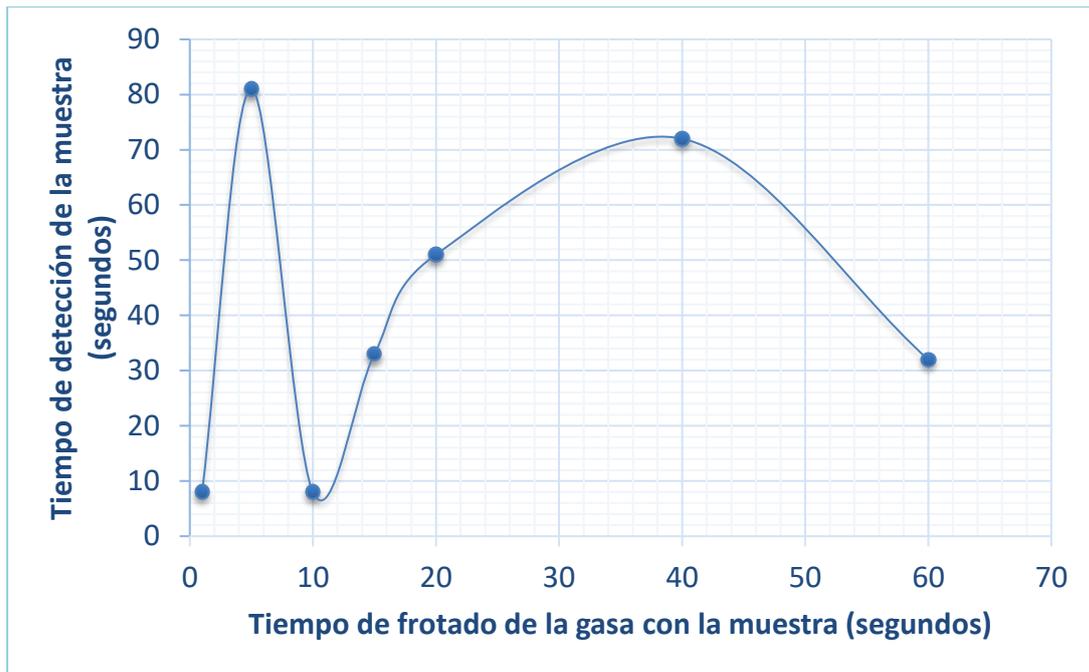


Figura 13. Grafica del tiempo de frotado contra el tiempo de detección.

En la figura 13 podemos observar de forma gráfica una diferencia grande en el tiempo de detección de la muestra, para pequeñas diferencias en tiempo de frotado. Por ejemplo: para un tiempo de frotado de 1 segundo el agente tardo 8 segundos en detectar la muestra, mientras que para 5 segundos de frotado el agente tardo 80 segundo en detectar la muestra.

Con motivo de futura experimentación, podemos generar varias hipótesis que pueden explicar estos resultados. Por ejemplo: el agente canino es habitualmente entrenado en esta área, y es probable que ya tenga aprendida cierta ruta que recorre cada vez que es puesto a prueba en ella. Si la muestra está dentro de los primeros metros de la ruta que el agente habitualmente sigue, entonces la detección la será rápida. De lo contrario tardará más, dado que dentro de su ruta, la muestra no está en los primeros metros.

Otra hipótesis puede ser la siguiente: dado que el experimento fue guiado por un humano, quien realizó el frotado de hueso con las gasas, es probable que el frotado no haya sido homogéneo, lo que generó que las gasas no quedaran igualmente impregnadas con el hueso; provocando más o menos tiempo en su detección por el agente. Este tipo de hipótesis tendrían que probarse haciendo las adaptaciones pertinentes al diseño del experimento.

### **3.2.2 Resultados y discusión de la segunda etapa.**

En la segunda etapa, cuyo propósito fue probar la capacidad del agente canino, para detectar restos humanos en un área abierta, con condiciones no controladas de temperatura, aire, suelo, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 2.

Como podemos observar en la tabla 2, para todos los niveles de dificultad para los que se probó al agente Iker, detectó la muestra humana en menos de 20 segundos. Este resultado confirma que el agente detecta partículas desprendidas por los restos humanos pariendo de cantidades muy pequeñas. Para encontrar la cantidad exacta mínima de partículas es necesario realizar estudios especializados, los cuales no se contemplaron en este estudio.

Tabla 2. Resultados de la etapa 2 de experimentación.

	Ejecución 1	Ejecución 2	Ejecución 3	Ejecución 4	Ejecución 5
Condición del recipiente	sin tapa	tapa con 5 perforaciones	tapa con 3 perforaciones	tapa con 1 perforación	tapa cerrada
Posición de la muestra	3	2	2	3	3
Detección antes de 20 segundos	Si	Si	Si	Si	si

### 3.2.3 Resultados y discusión de la tercera etapa.

En la tercera etapa, cuyo propósito fue probar la capacidad del oficial canino para diferenciar tejidos humanos de tejidos no humanos, en un área abierta, con condiciones no controladas de temperatura, aire y suelo; se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 3.

Como podemos observar en la tabla 3, el agente fue capaz de detectar, en todos los casos, la muestra humana diferenciándola de los restos de muestras de pollo, cerdo y res. Este resultado es muy relevante dado que aporta nueva evidencia a la hipótesis de que los restos humanos despiden partículas distintas a las otras especies. De igual forma estos resultados ayudan confirmar que para muestras a la intemperie, a las cuales el agente puede acercarse a centímetros, son suficientes 20 segundos para ser detectadas.

Tabla 3. Resultados obtenidos en la etapa 3 de experimentación.

	Marcado	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5
Ejecución 1	Si	cerdo	humano	vacío	pollo	res
Ejecución 2	Si	vacío	pollo	res	humano	cerdo
Ejecución 3	Si	pollo	res	humano	Cerdo	vacío
Ejecución 4	Si	pollo	vacío	cerdo	Humano	res
Ejecución 5	Si	humano	cerdo	vacío	Res	pollo

#### **4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

En este trabajo de tesis se propuso diseñar e implementar un experimento que permitiera la valoración sistemática de la capacidad olfativa de oficiales caninos para su uso como evidencia forense en la detección de cuerpos humanos en descomposición.

Para lograr este objetivo se diseñó y se implementó un experimento que consta de tres etapas de prueba, para los agentes caninos. La primera etapa fue diseñada e implantada con el propósito de observar las condiciones en las que los agentes caninos son entrenados, y medir, en esas condiciones, el rendimiento de detección en tiempo y efectividad. La segunda etapa fue diseñada e implementada para probar la capacidad de detección de restos humanos en un área abierta, con condiciones no controladas de temperatura, aire, suelo y todas las variables que involucra el ambiente externo. La tercera etapa fue diseñada e implementada para probar la capacidad del oficial canino para diferenciar tejidos humanos de tejidos no humanos, al igual que la anterior, en un área abierta, con condiciones no controladas de temperatura, aire, suelo y todas las variables que involucra el ambiente externo.

Una vez desarrollado el experimento y analizados los resultados se ha generado las siguientes conclusiones, y se plantea el siguiente trabajo futuro:

#### **4.1 Conclusiones.**

1. El procedimiento diseñado e implementado es capaz de valorar la capacidad olfativa de un agente canino, tanto en espacios cerrados como en espacios abiertos.
2. El agente canino Iker es capaz de detectar muestras humanas sin que la intensidad del olor sea un factor determinante para ser detectada.
3. El agente canino Iker es capaz de detectar restos humanos diferenciándolos de restos de otras especies, especialmente pollo, cerdo y res.
4. El agente canino Iker requiere de un máximo de 20 segundos para detectar restos humanos que se encuentren a la intemperie (al ras de la tierra).
5. Los resultados de este trabajo aportan nueva evidencia a la hipótesis de que los restos humanos despiden partículas distintas a las otras especies.
6. Aun cuando no es concluyente, los resultados de este proyecto sugieren que para casos forenses reales cuyo escenario será igual o similar a las condiciones en las que se implementó este proyecto, el agente canino Iker podría ser usado como evidencia forense en la detección de cuerpos humanos en descomposición.

#### **4.2 Trabajo futuro.**

1. Repetir el experimento de este trabajo de investigación, haciendo las adaptaciones necesarias para asegurar que en los espacios cerrados donde se entrenan a los agentes caninos, las rutas que estos siguen en sus búsquedas no sean rutas aprendidas con anterioridad y repetidas de forma automática.
2. Diseñar e implementar una estrategia para asegurar que el depósito de muestra de restos humanos en los recipientes de prueba se homogénea y siempre en la misma cantidad, para eliminar la incertidumbre del factor humano que puede generar diferencias de una muestra a otra.
3. Realizar experimentación para encontrar la cantidad exacta mínima de partículas emitidas por restos humanos que detectan los agentes caninos.
4. Ejecutar el procedimiento propuesto en este trabajo una cantidad suficiente de veces para recabar información estadística y poder hacer una evaluación más precisa del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Becker R.F., King J.E., Markee J.E. (1962). Studies on olfactory discrimination in dogs: II. Discriminatory behavior in a free environment. *J Comp Physiol Psychol.* (55) 773–780.
- 2) Bekoff, M. (2007). *The Emotional Lives of Animals.* New World Publishers, Novato.
- 3) Bekoff, M., (2001). Observations of scent-marking and discriminating self from other by a domestic dog (*Canis familiaris*):tales of displaced yellow snow. *Behavioural Processes* (55) 75–79.
- 4) Berns G. S, Brooks A. M., Spivak M. (2015). Scent of the familiar: An fMRI study of canine brain responses to familiar and unfamiliar human and dog odors. *Behavioural Processes.* (110) 37–46.
- 5) Bijland L., Bomers M., Smulders Y. (2013). Smelling the diagnosis A review on the use of scent in diagnosing disease. *Neth J Med* (71) 300–307.
- 6) Breed, M.D. and J. Moore. (2012). *Animal Behavior.* Academic Press, London.
- 7) Breer H, Fleischer J, Strotmann J. (2006). The sense of smell:Multiple olfactory subsystems. *Cell Mol Life Sci;* (63) 1465-75.
- 8) Buck L.B., (2004). Olfactory receptors and odor coding in mammals, *Nutr. Rev.* (62) 184–188

- 9) Cablk M.E., Sagebiel J.C., Heaton J.S., Valentin C. (2008). Olfaction-based Detection Distance: A Quantitative Analysis of How Far Away Dogs Recognize Tortoise Odor and Follow It to Source. *Sensors* (8) 2208–2222.
- 10) Coren, S. y S. Hodgson (2010). *Entiende a tu perro para Dummies*. Parramon Ediciones, S.A., Barcelona.
- 11) Correa J. E. (2016). The Dog's Sense of Smell. The Alabama Cooperative Extension System.
- 12) D.G. Moulton, in: D. Muller-Shwarze, M.M. Mozell (Eds.), *Chemical Signals in Vertebrates*, Plenum, New York, 1977, pp. 455 – 464.
- 13) Darwin, C., (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. John Murray, London.
- 14) DeGreeff L.E., Weakley-Jones B., Furton K.G., (2012). Creation of training aids for humanremains detection canines utilizing a non-contact, dynamic airflow volatile concentration technique, *Forensic Sci. Int.* (217) 32–38.
- 15) Fenton V. (1992). The use of dogs in search, rescue and recovery. *J Wilderness Med* (3) 292–300.
- 16) Fischer-Tenhagen C., Wetterholm L., Tenhagen B.A., Heuwieser W. (2011). Training dogs on a scent platform for oestrus detection in cows. *Appl Anim Behav Sci.* (131) 63–70.
- 17) Fuentes A., Fresno M. J., Santander H., Valenzuela S., Gutiérrez M. F., Miralles R. (2011). Sensopercepción olfatoria: una revisión. *Rev. Med. Chile;* (139) 362-367.

- 18) Gadbois S., Reeve C. (2014). Canine Olfaction: Scent, Sign, and Situation. *Domestic Dog Cognition and Behavior*. Springer Berlin Heidelberg. pp. 3–29
- 19) Gazit I., Terkel J. (2003). Domination of olfaction over vision in explosives detection by dogs. *Appl Anim Behav Sci* (82) 65–73.
- 20) Giménez P.A. (2015). La Odorología Forense en el Ámbito Jurídico Español. *Revista Skopein® Año III, Número 10*.
- 21) Glusman G, Yanai I, Rubin I, Lancet D. (2001). The complete human olfactory subgenome. *Genome Res*; (11) 685-702.
- 22) Hall N.J., Smith D.W., Wynne C.D.L. (2013). Training domestic dogs (*Canis lupus familiaris*) on a novel discrete trials odor-detection task. *Learn Motiv.* (44) 1–11.
- 23) Hepper G., Wells D.L., (2005). How many footsteps do dogs need to determine the direction of an odour trail? *Chem. Senses.* (30) 291–298.
- 24) Hepper, P.G., (1988). The discrimination of human odour by the dog. *Behavioural Processes* (17) 549–554.
- 25) J.P. Scott, J.L. Fuller, (1965). *Genetics and the Social Behavior of the Dog*, Univ. of Chicago Press, Chicago,.
- 26) Jenkins E.K., DeChant M.T. and Perry E.B. (2018). When the Nose Doesn't Know: Canine Olfactory Function Associated With Health, Management, and Potential Links to Microbiota. *Front. Vet. Sci.* (5) 56.
- 27) Jezierski T, Adamkiewicz E, Walczak M, Sobczyńska M, Górecka-Bruzda A, Ensminger J, et al. (2014). Efficacy of drug detection by fully-trained police dogs varies by breed, training level, type of drug and search environment. *Forensic Sci Int* (237) 112–118.

- 28) Johnen D., Heuwieser W., Fischer-Tenhagen C. (2013). Canine scent detection Fact or fiction? *Appl Anim Behav Sci.* (148) 201–208.
- 29) Kang N, Baum MJ, Cherry JA. (2009). A direct main olfactory bulb projection to the “vomeronasal” amygdala in female mice selectively responds to volatile pheromones from males. *Eur J Neurosci*; (29) 624-34.
- 30) Karlson P, Lüscher M. (1959). “Pheromones”: A new term for a class of biologically active substances. *Nature*; (183) 55-56.
- 31) Liberles S.D., Buck L.B. (2006). A second class of chemosensory receptors in the olfactory epithelium. *Nature*; 442 (7103): 645-50.
- 32) Mesloh, C. (2006). Barks or Bites? The impact of training on police canine force outcomes. *Police Practice and Research* 7 (4) 323- 335.
- 33) Miklosi, A., (2007). *Dog Behaviour, Evolution, and Cognition*. Oxford University Press, New York.
- 34) Oesterhelweg L., Kröber S., Rottmann, K. Willhöft J., Braun C., Thies N., Püschel K., Silkenath J., Gehl A., (2008). Cadaver dogs a study on detection of contaminated carpet squares, *Forensic Sci. Int.* (174) 35–39.
- 35) Ostrander E.A., Galibert F, Patterson D.F. (2000). Canine genetics comes of age, *Trends Genet.* (16) 117 – 124
- 36) Panksepp, J., (2004). *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*. Oxford University Press, New York.
- 37) Polgár Z, Kinnunen M, Újváry D, Miklósi Á, Gácsi M (2016). A Test of Canine Olfactory Capacity: Comparing Various Dog Breeds and Wolves in a Natural Detection Task. *PLoS ONE* 11(5).

- 38) Prada P. A., (2017). Odorología Forense: Perspectivas químicas en un ámbito canino. Research Gate pp. 18-20.
- 39) Riezzo I., Neri M., Rendine M., Bellifemina A., Cantatore S., Fiore C., (2014). Cadaver dogs: unscientific myth or reliable biological devices? Forensic Sci Int. (244) 213–221.
- 40) Rolland R.M., Hamilton P.K., Kraus S.D., Davenport B., Gillett R.M., Wasser S.K. (2006). Faecal sampling using detection dogs to study reproduction and health in North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*). J Cetacean Res Manag (8) 121–125.
- 41) Rosillo, M. R. (2007). La importancia del piso en la escena del crimen. Odorología forense, identificación molecular del olor humano con perros, extraído de <http://www.perrosdebusqueda.es/perros-de-rastro-criminal-narcoticos-explosivos-acelerantes/>
- 42) Rozin P. (1982). “Taste-smell confusions” and the duality of the olfactory sense. Percept Psychophys; (31) 397-401.
- 43) Schoon G.A.A., (1996). Scent identification lineup by dogs (*Canis familiaris*): experimental design and forensic application, Appl. Anim. Behav. Sci. 49 257–267.
- 44) Schoon G.A.A., (2005). The effect of the ageing of crime scene objects on the results of scent identification line-ups using trained dogs, Forensic Sci. Int. (147) 43– 47.
- 45) Schoon G.A.A., de Bruin J.C., (1994). The ability of dogs to recognize and cross match human odours, Forensic Sci. Int. (69) 111–118.

- 46) Schoon, G.A.A., de Bruin, J.C., (1994). The ability of dogs to recognize and cross-match human odours. *Forensic Science International*. (69) 111–118.
- 47) Settle R.H., Sommerville B.A., McCormick J., Broom D.M., (1994). Human scent matching using specially trained dogs, *Anim. Behav.* (14 ) 1443–1448.
- 48) Silueta Ortega, V. y Ramírez Cruz, M. (2004). La prueba pericial de Odorología. Su apreciación por el Juez. *Revista Cubana del Tribunal Popular*, (3) 21-27.
- 49) Sommerville B.A., Settle R.H., Darling F.M.C., Broom D.M., (1993). The use of trained dogs to discriminate human scent, *Anim. Behav.* (14) 189–190.
- 50) Thesen, A., Steen, J.B., Doving, K.B., (1993). Behavior of dogs during olfactory tracking. *Journal of Experimental Biology* (180) 247–250.
- 51) Tsviya Olender, Tania Fuchs, Chaim Linhart, Ron Shamir, Mark Adams, Francis Kalush, Miriam Khen, and Doron Lancet., (2004). The canine olfactory subgenome. *Genomics* (83) 361 – 372.
- 52) Vass A. A., (2001). Beyond the grave understanding human decomposition *Microbiology Today*. Vol 28.
- 53) Walker D, Walker J, Cavnar P, Taylor J, Pickel D, Hall S., (2006). Naturalistic quantification of canine olfactory sensitivity. *Appl Anim Behav Sci.* (97) 241–254.
- 54) Walker D.B., Walker J.C., Cavnar P.J., Taylor J.L., Pickel D.H., Hall S.B. (2006). Naturalistic quantification of canine olfactory sensitivity. *Appl Anim Behav Sci.* (97) 241–254.

- 55) Walker D.B., Walker L.C., Cavnar P.J., Taylor J.L., Pickel D.H., Hall S.B., Suarez J.C., (2006). Naturalistic quantification of canine olfactory sensitivity, *Appl. Anim. Behav. Sci.* (97) 241–254.
- 56) Wayne, R.K. (1993). Molecular evolution of the dog. *Trends Genet.* (9) 218–224
- 57) Williams M., Johnston J.M., (2002). Training and maintaining the performance of dogs (*Canis familiaris*) on an increasing number of odor discriminations in a controlled setting, *Appl. Anim. Behav. Sci.* (78) 55–65.
- 58) Witt M, Wo• niak W. (2006). Structure and function of the vomeronasal organ. *Adv Otorhinolaryngol*; (63) 70-83.
- 59) Yllera Fernández, M.M., Camiña García, M., Cantalapiedra Álvarez, J. (2016). *Comportamiento y órganos de los sentidos de los animales.*

# ANEXO I

Muestreo en el Servicio Médico Forense (SEMEFO/Mexicali B.C), en este muestreo se tomaron muestras de tejido óseo (tibia), de dos personas de sexo masculino (01 en descomposición temprana y 01 en descomposición tardía). A continuación se muestra una infografía de lo acontecido:

Paso 1.- Colocación del equipo de protección



Paso 2.- Observación de los fenómenos cadavéricos (temprano y tardío)



Paso 3.- Selección del área a muestrear y toma de muestra ósea (tibia)

Paso 3 a.- Estado de descomposición del cadáver (temprano).





Paso 3b.- Estado de descomposición del cadáver (tardío).





Paso 4.- Tiempo de fermentación de la muestra, se enterraron las muestras recabadas por 21 días (primavera), en zona rural, las muestras se enterraron 30 cm. aproximadamente.





Paso 5.- extracción de las diversas muestras fermentadas de forma natural para su análisis.



## ANEXO 2

Este experimento consistió en la búsqueda de muestras biológicas humanas (hueso) en distintas etapas de descomposición, con muestras trampa (hueso con musculo de pollo, cerdo y res).

Paso 1.- Selección y medición del área experimental.



Paso 2.- Colocación de los puntos de inspección y reconocimiento por parte de los oficiales.





Paso 3.- Se le da la indicación de búsqueda al oficial canino Iker





Paso 4.- Iker señalando mediante un ladrido a su compañero humano que encontró restos humanos



Paso 5.- Felicitación al oficial canino por su trabajo y revisión de su integridad física.

