

**ALTERNATIVA PARA LA DETECCIÓN DE CELOS EN EL GANADO BOVINO  
MEDIANTE EL POTENCIAL USO DE CANINOS (MONOGRAFÍA).**

Anthony Ricardo Escobar Ramírez,

Oscar Andrés Olaya Gómez,

Sebastián Tarquino Ruiz

TUTORES: Dra. Dolly Pardo,

Dr. Francisco Vargas

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Medicina Veterinaria

Trabajo de grado I

Bogotá D.C.

2020

## Tabla de contenido

1.	Resumen	7
2.	Introducción	9
3.	Justificación	13
4.	Objetivos	15
4.1	Objetivo general	15
4.2	Objetivos específicos	15
5.	Metodología	16
6.	Marco teórico	19
6.1.	Ciclo estral de la hembra bovina	19
6.1.1.	Celo	19
6.1.1.1	<i>Proestro</i>	19
6.1.1.2.	<i>Estro</i>	20
6.1.1.3	<i>Metaestro</i>	21
6.1.1.4	<i>Diestro</i>	21
6.2	Sincronización de celos	22
6.3	Feromonas involucradas en el ciclo estral	23
6.4	Métodos diagnósticos para la detección del celo bovino	24
6.4.1	Detección visual del celo bovino	25
6.4.2	Pintura en la base de la cola	27

	3
6.4.3 Parches detectores de monta	28
6.4.4 Uso de toros celadores	29
6.4.5 Podómetros	30
6.4.6 Androgenización de hembras	31
6.4.7 Programas con software	31
6.5 Detección de sustancias mediante la especie canina	32
6.5.1 Olfato del canino	33
6.5.2 Adiestramiento	34
6.5.3 Trabajo de detección de olores	40
6.5.3.1 <i>Detección de cáncer con ayuda del olfato canino</i>	40
6.5.3.2 <i>Perros identificando animales silvestres</i>	41
6.5.3.3 <i>Identificación de distintos microorganismos.</i>	44
6.5.3.4 <i>Detección de corrosión en las plantas de gas y petróleo</i>	46
6.5.3.5 <i>Detección de sustancias alucinógenas</i>	47
6.5.3.6 <i>Detección de personas mediante fluidos corporales</i>	50
6.5.3.7 <i>Detección de explosivos</i>	53
6.5.3.8 <i>Detección de Covid-19</i>	55
6.5.4 Detección de celos bovinos con ayuda de caninos	58
7. Resultados y discusión	63
7.1 Determinación de las ventajas y desventajas de los métodos diagnósticos más empleados en la detección de los celos bovinos	63

7.2	Evaluación de las diferentes formas en que los perros mediante el uso del olfato detectan y/o discriminan diferentes sustancias	66
7.3	Proponer como alternativa en la detección de celo bovino el uso del olfato canino y evaluar cómo puede tener un valor agregado en la tasa de fertilidad.	71
8.	Propuesta y recomendaciones en la aplicación del uso del olfato canino en la detección del celo bovino	73
9.	Conclusiones	75
10.	Bibliografía	76

## Índice de figuras

Figura I. Lopez (1010) Protocolo Ovsynch. ....	23
Figura II. López (2008) Objetos utilizados en el adiestramiento del canino. ....	37
Figura III. López (2008) Ejercicio de adiestramiento del canino. ....	38
Figura IV. Schoon et al. (2014) Perro olfatenado y discriminando muestras de corrosión. ....	47
Figura V. Oxley y Waggoner (2009) Diseño de una cámara de prueba olfatoria. ....	54
Figura VI. Grandjean et al. (2020) Perro del estudio detectando muestras positivas para Covid-19. .....	57

# Índice de tablas

Tabla I Comparación entre los principales métodos diagnósticos aplicados en la detección del celo..... 63

Tabla II Uso del olfato canino en diferentes labores..... 66

## 1. Resumen

Las vacas entran en celo cada 21 días y es un periodo de receptividad sexual para el animal, esta etapa de celo dura alrededor de 12 horas a partir del momento en que se da inicio al estro con una ovulación que dura alrededor de 25 a 36 horas luego de iniciado el estro, esto es importante para poder lograr una planificación reproductiva y así lograr una eficiencia económica en los negocios ganaderos. Analizamos distintos estudios de diferentes métodos diagnósticos para la detección de celo bovino (visual, toros celadores, parches, pintura en la base de la cola y podómetros) y llegamos a la conclusión que el uso de un solo método diagnóstico no abarca el 100% de eficiencia y que por el contrario el uso de distintos métodos diagnósticos en una sola explotación aumenta este porcentaje. Se sabe que el perro tiene una habilidad definida para detectar sustancias mediante su olfato y que algunas razas (Pastor Belga Malinois, Labrador, Pastor Alemán, Pastor Holandés, Golden retriever) se pueden entrenar para la identificación de distintas sustancias (cáncer, otros animales, microorganismos, corrosión, sustancias alucinógenas, fluidos corporales, explosivos) en diferentes escenarios. Hay estudios realizados desde 1978, en los que se ha observado la eficiencia del uso de caninos como método para el diagnóstico de celos en el ganado, bovino los cuales arrojan buenos resultados y con los que se propone complementar los métodos diagnósticos que se utilicen en actualmente cada explotación ganadera.

### **Palabras Clave**

Perro, olfato, fisiología, celo, adiestramiento, etología, bovino, reproducción

### **Abstract**

Cows go into heat every 21 days and it is a period of sexual receptivity for the animal, this stage of heat lasts around 12 hours from the moment in which the estrus begins with an ovulation that lasts around 25 to 36 hours after the start of estrus, this is important in order to achieve reproductive planning and thus achieve economic efficiency in livestock businesses. We analyzed different studies of different diagnostic methods for the detection of bovine heat (visual, watchful bulls, patches, paint on the base of the tail and pedometers) and we reached the conclusion that the use of a single diagnostic method does not cover 100% of efficiency and, on the contrary, the use of different diagnostic methods in a single farm increases this percentage. It is known that the dog has a defined ability to detect substances through its smell and that some breeds (Belgian Shepherd Malinois, Labrador, German Shepherd, Dutch Shepherd, Golden Retriever) can be trained to identify different substances (cancer, other animals, microorganisms, corrosion, hallucinogenic substances, body fluids, explosives) in different scenarios. There are studies carried out since 1978, in which the efficiency of the use of canines as a method for the diagnosis of heat in cattle has been observed, which show good results and with which it is proposed to complement the diagnostic methods used in the present each livestock farm.

### **Key Words**

Dog, smell, physiology, zeal, training, ethology, bovine, reproduction.

## 2. Introducción

La detección de celo en vacas lecheras es uno de los principales problemas relacionados con la eficiencia de los programas reproductivos (Castaño, Díaz y Echeverry, 2016). Los bovinos generalmente entran en celo cada 21 días, por lo cual se le denomina la entrada en estro de estos animales o novilla, el celo es un periodo de receptividad sexual en el cual el signo principal es que el animal se mantenga en pie y quieto al ser montado por otro (Rippe, 2009). Esta etapa de celo dura alrededor de 12 horas a partir del momento en que empieza el estro y la ovulación ocurre alrededor de 25 a 36 horas luego del inicio del estro (Guáqueta, 2009). En vista de que el período de celo y la ovulación son muy cortos, es importante un diagnóstico certero en la detección del estro para que la vaca pueda ser preñada eficazmente y así evitar pérdidas económicas.

Existen en la actualidad muchos métodos para la detección del celo en bovinos como son: la observación visual, el uso de toros receladores con desviación de pene, uso de pinturas o tiza para marcar vacas que se montan entre sí, el chin ball que es un dispositivo con pintura que se coloca a los toros receladores para que marquen a las vacas en celo, uso de vacas androgenizadas, podómetros, uso de toros receladores con dispositivos electrónicos que hacen contacto con un chip en la base de la cola de las vacas cuando estas son montadas, por mencionar algunos (Catalano y Callejas, 2001).

El intercambio de señales odoríferas juega un papel crucial en los comportamientos reproductivos de los bovinos y está implicado en la comunicación entre sexos, las observaciones conductuales y fisiológicas evidencian la existencia de señales de celo que influyen en los procesos reproductivos donde hay una exploración de los fluidos estrales en las vacas. Hay toros que olfatean y lamen la orina y la secreción vaginal de una vaca en celo lo que termina en una muestra del

aumento conductual reflejado en la frecuencia de reacción del reflejo de *Flehmen* (Fischer et al., 2014).

Aprovechando la ventaja de la presencia de feromonas durante el estro de los bovinos, se plantea la posibilidad de utilizar a los perros como detectores de estas señales olfativas (Fischer et al., 2014). Desde la antigüedad se ha observado la ayuda que prestan algunos animales, en especial los caninos, y cómo mediante diversas actividades como la detección de explosivos, narcóticos, fauna silvestre y cáncer, se han generado procesos de domesticación que han ocasionado cambios genéticos y comportamentales a fin de servir a la humanidad (Méndez y Pérez, 2009). Analizando con mayor profundidad el caso de los caninos se resalta que los perros son utilizados para fines de detección por dos razones principales: su olfato y su entrenamiento. (Méndez y Pérez, 2009).

La detección de olores en los caninos lleva a la presente investigación a profundizar en el concepto del olor y la percepción de moléculas volátiles. La percepción del olor parece estar involucrada en el número de los diferentes tipos de receptores del olor y la proporción del cerebro dedicada a procesar dicha información, lo que lleva a plantear que los perros tienen una proporción mucho mayor de su cerebro dedicada al procesamiento de información del olor, pues poseen sensores más desarrollados y una unidad de procesamiento dedicadas solo al olfato, lo que facilita la percepción y discriminación de olores, cuestión que a los seres humanos no le es posible hacer (Schoon, Fjellanger, Kjeldsen y Goss, 2014).

Con la investigación de los métodos más utilizados actualmente en la detección del celo y las ventajas del perro en la detección de distintos aromas con el uso del olfato canino, se busca determinar el potencial uso del olfato canino en la detección del celo bovino, identificando moléculas olfativas características de los calores en vacas.

### 3 Identificación del problema

Los medidores de actividad como los podómetros y detectores de montaje como pinturas o tizas se han desarrollado como ayuda diagnóstica de detección de celos, pero los reportes arrojan que estos artefactos tienen una precisión por debajo de 49.3% (Fischer, Tenhagen y Heuwieser, 2013).

La observación visual es la forma más utilizada para detectar los calores, esto debería suponer una tasa de efectividad igual de buena a dispositivos técnicos, pero la errónea interpretación de los signos puede provocar errores que se reflejan en una menor tasa de detección de calor (Heres, Dieleman y Van Eedenburg, 2000). El tiempo dedicado a la observación y la experiencia del observador son cruciales para el logro de las tasas de detección de celo, los cambios de comportamiento, tales como el montaje y aumento de la actividad son indicadores de vacas en celo, pero solo el 60% de las vacas en celo expresan este comportamiento (Fischer, et al., 2013) y en ocasiones la persona encargada de la observación no tiene el tiempo ni la experiencia suficiente para la detección de los celos (Strappini, Norambuena y Matamala, 2015).

Según el ICA la población bovina en Colombia en el año 2019 fue de 28.2 millones de cabezas, distribuidas en 655.661 predios, lo que traduce una demanda de métodos efectivos en detecciones de celos en el país; Palomares (2013) afirma que son muchos los errores en la detección por observación visual los cuales están asociados con una reducida expresión de la conducta de celo.

De acuerdo con la problemática que hay con los métodos tradicionales de detección de calores se requiere hacer una investigación de los métodos más utilizados actualmente y proponer como principal método el uso de los caninos para la detección de moléculas olfativas características de los calores en vacas.

Con lo anterior se busca que, los criadores, productores y dueños de hatos tengan un método diagnóstico que les ayude a detectar los calores, logrando la reducción de costos y pérdidas por el aumento de intervalos entre partos, analizando la probabilidad de implementar una medida sencilla y efectiva que esté al alcance del pequeño ganadero y que funcione sin depender de un elevado costo, ya que algunos métodos utilizados actualmente como el uso de animales marcadores, tratamientos hormonales, el uso de herramientas como collares y podómetros, incluso la observación visual no siempre abarca el 100% de los celos (Catalano y Callejas, 2001). Con base en esta problemática se buscó mediante literatura científica resolver las preguntas ¿cuál es la capacidad de los caninos para detectar celo en ganado bovino? y a partir de esto ¿Cómo se implementaría el uso del olfato de los caninos como método diagnóstico para mejorar la efectividad de la detección de celo en un hato de ganado bovino?

### 3. Justificación

La detección de celo en vacas es un desafío permanente para un desempeño reproductivo exitoso ya que las tasas de preñez para una adecuada inseminación requieren de una determinación exacta del estro (Fischer et al., 2014). Las tasas de preñez en las vacas lecheras se han reducido anualmente entre 0.45% y 1% debido a la disminución de las tasas de fertilidad, exigiendo nuevas herramientas de manejo reproductivo (Nordéus, Bage, Gustafsson y Soderquist, 2012). La detección del estro es importante para lograr un programa de reproducción dirigida, esto es, incorporar oportunamente a un animal al proceso reproductivo y productivo (Palomares, 2013).

Varias técnicas de ayuda se han desarrollado para mejorar la detección del celo como lo son el uso de animales marcadores, tratamientos hormonales, el uso de herramientas como collares y podómetros, incluso la observación visual. Esas ayudas pueden mejorar la tasa de detección del estro un 90%. Sin embargo, su adopción es limitada debido a los costos y/o complejidad de uso lo cual requiere de métodos más fáciles y eficientes para la detección de calores en ganado bovino lechero (Fischer et al., 2014).

Las habilidades olfativas de los perros se han utilizado para gran variedad de tareas como son el seguimiento de personas (búsqueda y rescate), detección de narcóticos y explosivos, discriminación olfativa de fauna silvestre, detección de cáncer, etc. (Fischer et al., 2014). El entrenamiento de perros para detección de sustancias mediante el uso del olfato siempre sigue los mismos principios independientemente del olor a identificarse. El paso de la formación es asociar el entrenamiento con un olor específico junto con una buena experiencia del perro en el juego y la comida aprendiendo a identificar este aroma, para diferenciarlo de los olores que lo puedan distraer y demostrando así que son capaces para discriminar distintos olores que se encuentran en el ambiente (Méndez y Pérez, 2009).

En estudios realizados por Fischer y colaboradores se ha demostrado cómo el uso del olfato canino ha funcionado como método diagnóstico para detectar el estro en vacas lecheras. En estos estudios se trabajó con perros los cuales tuvieron cierto grado de entrenamiento con el uso del olfato, así como también trabajaron perros sin ningún tipo de adiestramiento teniendo como resultado que los perros sin ningún tipo de entrenamiento también son capaces de discriminar olores y lograron detectar muestras positivas de estro.

El adiestramiento de estos animales consistió en la toma de muestras de fluidos vaginales, leche, orina y mediante entrenamiento de refuerzo positivo se logró que los animales detectan muestras positivas de estro, estas muestras fueron tomadas en vacas que certificaron estaban en calor. El resultado de este estudio demostró que después de solo una semana de entrenamiento los perros llegaron a detectar las muestras de estro con una precisión del 80.3%. “Los perros detectores de celos en las producciones agrícolas pueden resultar beneficiosos en términos de higiene y seguridad, se puede lograr que los perros detectan las vacas en celo desde el momento en el que más se encuentran tranquilas” (Fischer et al., 2014).

Los costos del perro según su raza: pastor belga malinois \$800.000, pastor alemán \$500.000, golden retriever \$500.000 y labrador \$400.000 adicionalmente a esto se tiene en cuenta la alimentación con un costo de \$88.000 mensual y unos servicios médicos (aseo, vacunación, consultas, etc.) \$20.000 mensual. Teniendo un costo de manutención anual aproximadamente de \$1.300.000 (sin adiestramiento) (Torres, 2012) lo que nos puede acercar al costo aproximado que tendría mantener un canino para la tarea de detección de olores.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Plantear mediante una revisión de literatura científica una propuesta para la detección del celo bovino con uso del olfato canino.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Identificar las ventajas y desventajas de métodos diagnósticos en la detección de celos en bovinos.
- Evaluar las diferentes formas en que los perros mediante el uso del olfato detectan y/o discriminan diferentes sustancias.
- Considerar como la alternativa en la detección de celo bovino mediante el uso del olfato canino puede tener valor agregado en la tasa de fertilidad de los hatos.

## 5. Metodología

Se realizó una consulta de literatura especializada y actualizada a nivel mundial en revistas científicas, tesis, monografías y libros sobre anatomía y fisiología de la reproducción bovina, fisiología del olfato canino y etología del canino, organizando la información y planteando una propuesta con la cual se pueda efectuar el uso de caninos en la detección del celo bovino (Ferreira, Urrutia y Alonso, 2011).

**Bases de datos:** Se indago mediante las palabras clave en distintas bases de datos como: Elsevier, Science Direct, Google Academic, Microsoft Academic, Scielo y bases de datos de distintas universidades.

**Documentos de investigación:** Se recolectó información lo más reciente posible, con un máximo de dos décadas de publicación o que fueron relevantes para la investigación, artículos publicados nacional e internacionalmente y en diferentes idiomas.

-Investigación teórica y documentos con investigaciones experimentales en inglés y español.

-Consulta de literatura argumentativa, que hable de los temas a tratar.

**Palabras clave:** Se tuvieron en cuenta distintas palabras en la búsqueda, en donde se realizó una búsqueda principalmente en idiomas inglés y español. Las siguientes son las palabras que se tuvieron en cuenta: Dog, perro, olfato, smell, fisiología, physiology, celo, zeal, adiestramiento, training, etología. ethology, bovino, bovine, reproduction, reproducción. Estas palabras ayudaron a proporcionar una búsqueda más detallada del tema.

Con la pregunta ‘‘ ¿Cuál es la capacidad de los caninos para detectar celo en ganado bovino? y a partir de esto ¿Cómo se implementaría el uso del olfato de los caninos como nuevo método diagnóstico para la detección de celo en el ganado bovino?’’ se dio inicio a una revisión sistemática

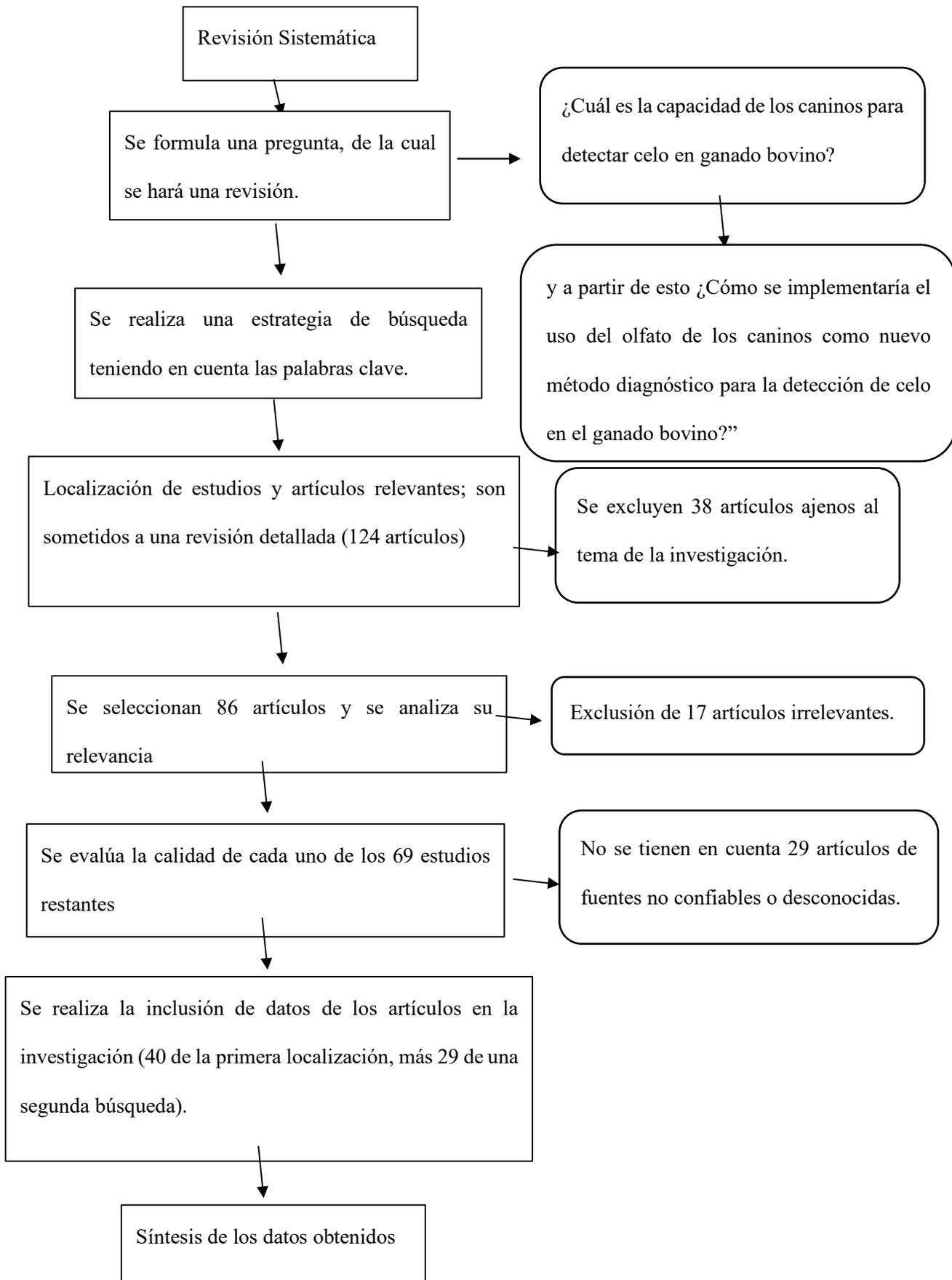
detallada, en la cual, por medio de las palabras clave se hizo una búsqueda en las diferentes bases de datos, Elsevier, Science Direct, Google Academic, Microsoft Academic, Scielo y bases de datos universitarias, encontrando más de 500 artículos y distintas citas relacionadas a la búsqueda, pero no todos estaban directamente ligados al objetivo de la búsqueda. De los resultados de la investigación, se seleccionó un total de 124 artículos que brindaron información relevante y que no tuvieron más de dos décadas de publicación. De estos 124 artículos 38 se descartaron, ya que su contenido no estaba totalmente ligado a nuestra investigación y por otra parte la información brindada era mínima. Posteriormente de los 86 artículos preseleccionados, se sometió a un minucioso análisis de contenido, de esta manera se excluyen 17 artículos ya que se reafirmaba lo escrito por otros autores, es decir información repetida, dejando de esta manera los artículos y libros que tienen más información.

69 artículos fueron elegidos y se sometieron a una evaluación de calidad, teniendo en cuenta principalmente de las fuentes de las que fueron extraídas, descartando de esta manera 29 de los artículos, pues no habían sido obtenidos de bases de datos certificadas y confiables, al contrario, eran publicaciones de páginas web sin sustento científico o foros de divulgación.

De los 40 artículos seleccionados se extrajo la información y se incluyó en el documento de manera sintetizada y organizada; dejando claro distintos puntos de investigación, como lo son: el ciclo estral bovino, el olfato canino y los distintos métodos de detección del celo bovino, posteriormente se realizó una nueva búsqueda de información, incluyendo 29 artículos adicionales al marco teórico de la investigación, 2 de ellos superaban las 2 décadas de publicación pero tenían información relevante sobre el tema como se muestra en el diagrama 1.

De la síntesis de información se concluyeron y desarrollaron los 3 objetivos propuestos en la revisión bibliográfica.

Diagrama 1. Metodología de la revisión sistemática



## **6. Marco teórico**

### **6.1. Ciclo estral de la hembra bovina**

#### **6.1.1. Celos**

En las vacas el ciclo estral comprende el lapso que hay entre dos periodos. El estro o calor tiene una duración normal de 18 a 24 días, con un promedio de 21 días (Guáqueta, 2009). Una práctica determinante dentro del manejo reproductivo bovino es la detección del estro, para saber el momento preciso en que una vaca es apta para la inseminación, la detección del estro es importante para lograr un programa de reproducción dirigida, es decir, incorporar oportunamente a un animal al proceso reproductivo y productivo (Lilido, 2008). El ciclo estral está conformado por cuatro fases continuas: Proestro, Estro, Metaestro y Diestro, en las cuales hay una serie de cambios que suceden en las estructuras ováricas, estos cambios están ligados a las concentraciones de hormonas que se alteran e interactúan para que la vaca pueda estar ciclando de manera normal (Guáqueta, 2009). La determinación del estro es una práctica sencilla, pero requiere de una persona capacitada que conozca los signos y diferentes manifestaciones que presenta la vaca durante el estro y los síntomas pro y post estrales (Lilido, 2008). Para realizar una buena detección de celos, los animales deberán observarse, por lo menos 2 veces al día (Hopper, 2014).

##### ***6.1.1.1 Proestro***

La actividad ovárica durante el Proestro es iniciada por la lisis del cuerpo lúteo (CL) del ciclo estral anterior (Guáqueta, 2009) y termina con el inicio del estro o celos; dura alrededor de dos o tres días (Rippe, 2009). En el Proestro hay incremento de la actividad de los órganos reproductivos, hay aumento del tamaño del útero, crecimiento de los folículos, las mucosas tienen

aparición congestionada y edematosa, la mucosa vaginal se vuelve hiperémica y se incrementa su secreción (Motta, Ramos, Gonzales y Castro, 2011). Pese a que muchos folículos se desarrollan en esta etapa, solo uno será seleccionado como folículo dominante (FD) y llegará a la ovulación (Guáqueta, 2009), el folículo dominante alcanzará un tamaño de  $\frac{3}{4}$  a 1 pulgada de grande y tendrá la apariencia de una ampolla, la cual está llena de líquido folicular (Rippe, 2009), este FD se diferencia de los demás folículos (atrésicos) ya que en él interfiere la hormona folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH), incrementando de esta manera la síntesis y producción de estrógenos, los cuales a su vez ayudan al aumento de tamaño del diámetro folicular (Guáqueta, 2009). Los estrógenos son producidos por las células que forman la pared del folículo en desarrollo que a su vez están formados por una capa externa que son las células de la teca y otra capa interna que son las células de la granulosa. Estas células trabajan en forma simultánea y coordinada para producir estrógenos. Las células de la teca ligan la LH y producen andrógenos los cuales son convertidos a estrógenos por las células de la granulosa, que han sido estimuladas por la FSH (Motta et al., 2011).

#### ***6.1.1.2. Estro***

Periodo de aceptación del macho o periodo de maduración de los folículos (Motta et al., 2011) se define como un periodo de receptividad sexual en el cual el signo principal es que el animal se mantenga en pie y quieto al ser montado por otro (Rippe, 2009), los elevados niveles de estrógenos son los responsables del comportamiento y signos propios del celo, aumentando las contracciones del tracto reproductor femenino para facilitar el encuentro entre el óvulo y el espermatozoide (Guáqueta, 2009). La duración del celo varía entre los grupos de animales, teniendo una aproximación entre 30 min a 30 horas (Lucy, McDougall y Nation, 2004) luego de

12 a 24 horas de comenzado el celo, el sistema nervioso de la vaca se torna refractario al estradiol y de esta manera desaparece el comportamiento y signos característicos (Motta et al., 2011).

#### **6.1.1.3 *Metaestro***

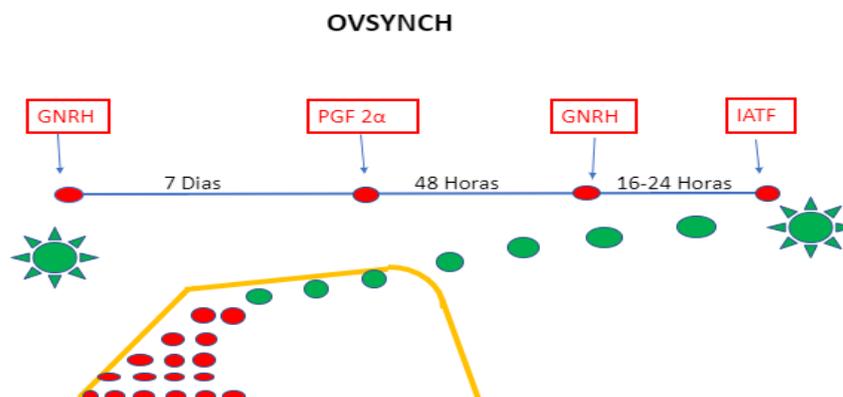
Inmediatamente después de finalizado el celo inicia el Metaestro, su duración puede variar entre 3 a 5 días (Rippe, 2009) y está condicionado por una serie de eventos endocrinos que controlan la dinámica del ovario durante este tiempo (Guáqueta, 2009). En el Metaestro ocurre la ovulación, 28 a 32 horas después de haberse iniciado el celo, o aproximadamente entre 10 a 15 horas después de haber cesado los signos de celo en respuesta al pico preovulatorio de LH (Rippe, 2009). Entre uno y tres días después de la presentación del estro, algunas vacas y la mayoría de las novillas pueden presentar una descarga mucosanguinolenta, indicando que el celo ha ocurrido y que un nuevo estro se va a presentar dentro de 18 a 20 días (Guáqueta, 2009).

#### **6.1.1.4 *Diestro***

Se caracteriza por la presencia y dominio del cuerpo lúteo en el ovario y la producción de progesterona (Lamb et al., 2010), es la fase más prolongada del ciclo estral (Guáqueta, 2009) y va desde el día 5 del ciclo estral hasta el día 18 (Rippe, 2009) La hormona LH está directamente relacionada con los cambios en los niveles de progesterona y el crecimiento del cuerpo lúteo en el ovario (Lamb et al., 2010). Los días 16 a 18 del ciclo estral son críticos para el mantenimiento de la función del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona elevados (Guáqueta, 2009), si la vaca no está gestante el cuerpo lúteo es inducido a degenerarse por la acción de la  $PGF2\alpha$  (Rippe, 2009).

## 6.2 Sincronización de celos

El método más usado para la sincronización de celos es el uso de prostaglandinas; se han desarrollado protocolos mediante el uso de progestágenos para extender la fase lútea del ciclo estral dando como resultado una mayor cantidad de animales detectados durante celos en periodos más cortos y con mayor fertilidad (Colazo, Mapletoft, Martinez y Kastelic, 2007). En muchos países, se utilizan tratamientos hormonales, sin embargo, los consumidores de productos lácteos en muchos países europeos se oponen al uso de hormonas exógenas en animales sanos. Por lo tanto, mediante la estimulación de las estructuras neuroendocrinas se puede llegar a controlar el cuerpo lúteo cambiando la tasa de crecimiento de los folículos mediante la inducción de un ovulo que estimule la liberación de LH (Nordéus et al., 2012). Actualmente se ha hecho el uso del estradiol, de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y de tratamientos con progestágenos que son utilizados para la sincronización de preñez siendo estos los denominados protocolos para la inseminación artificial (IATF) (Colazo et al., 2007). El protocolo de IATF más usado alrededor del mundo es el protocolo de *ovsynch* el cual consiste en colocar una primera dosis de GnRH en la vaca para inducir la ovulación y promover la formación de un nuevo CL y una nueva onda folicular, es decir devolver a la vaca al comienzo del ciclo estral. 7 días después se administra prostaglandinas para crear un nuevo CL y una última dosis de GnRH se administra 48 horas después para inducir la ovulación de un nuevo folículo, la IATF se lleva a cabo 16 a 24 horas después de aplicada la GnRH como se muestra en la *Figura I* (López, 2010).



*Figura I. Lopez (2010) Protocolo Ovsynch.*

### 6.3 Feromonas involucradas en el ciclo estral

La conducta sexual de los bovinos está influenciada no solo por las hormonas, sino también por las feromonas las cuales son sustancias químicas de bajo peso molecular liberadas por un animal (Fischer et al., 2014), estas feromonas son secretadas en los fluidos vaginales, heces y orina (Sankar y Archunan, 2008) llegan por vía aérea hasta el sistema olfatorio y generan un sistema de respuesta en un receptor de la misma especie generando un comportamiento específico y un cambio fisiológico en el sistema endocrino o reproductivo. El macho mediante la exploración de la orina y la región ano genital de la hembra detecta señales olfativas que se encuentran en forma de feromonas y que solo se encuentran en ciertas etapas del ciclo estral (Estro y proestro) (Rekwot, Ogwu, Oyedipe y Sekoni, 2001).

Existen feromonas de señalización las cuales producen una respuesta conductual y que sirven como atrayentes y/o inductores de la actividad sexual, por ejemplo, la investigación rutinaria de la región ano genital y la orina de las hembras. La estimulación de la región ano genital de la hembra produce micción, una vez sale la orina el macho pone su nariz y boca directamente en el chorro para lamerla y olfatearla, mantiene la boca abierta y los labios superiores curvados, este acto

se relaciona con el órgano vomeronasal, un saco ciego bilateral que abre hacia el conducto incisivo o canal nasopalatino, este órgano ha sido implicado como un quimiorreceptor especializado involucrado en la detección del estro y en la liberación, control y coordinación de la actividad sexual. Parece ser que la investigación de la región ano genital de las hembras por parte de los machos está implicada en el transporte de señales olfativas no volátiles desde la cavidad oral al epitelio sensorial del órgano vomeronasal (Rekwot, Ogwu, Oyedipe y Sekoni, 2001).

También existen las hormonas Cebadoras las cuales se creen que provocan eventos fisiológicos ya sea por la inhibición o estimulación en el sistema endocrino y reproductivo. en mamíferos domésticos, las feromonas de cebado del macho influyen en la inducción de la pubertad, la terminación del anestro estacional y el acortamiento del anestro postparto (Rekwot, Ogwu, Oyedipe y Sekoni, 2001).

Las feromonas tienen importancia vital en la bioestimulación sexual, lo cual es utilizado para descubrir los efectos estimulatorios de un macho o una hembra a través de la reproducción animal. Las feromonas en la orina, heces o en la piel del macho mejoran el comportamiento del celo en la hembra desencadenando una conducta de apareamiento (Fischer et al., 2014).

En la fase del estro se han encontrado las siguientes sustancias químicas, que pueden ser indicativas de estro en las vacas: ácido acético y el ácido propiónico que hacen parte de los ácidos grasos, también se encontró 1-yodo undecano perteneciente al grupo ácido. (Sankar y Archunan, 2008).

#### **6.4 Métodos diagnósticos para la detección del celo bovino**

El reconocimiento del cambio de conducta y de la aparición de síntomas en el animal en celo permite evitar fallas en la detección asociadas con la calidad en la detección de celos (Catalano y Callejas, 2001), la sincronización del estro puede ser una opción para ayudar a reducir el tiempo pasado en la detección del celo, sin embargo, hay muchos programas de sincronización de celo y la elección dependerá de cual se adapte a los requisitos y las limitaciones de tiempo (Hopper, 2014). Hay otros métodos para detección de celo, estas ayudas de detección de celo incluyen, detectores o parches de montaje de calor, marcadores de cabeza de cola (pintura, tiza, crayón o pasta), toros con el pene desviado equipados con un marcador (Hopper, 2014) o también conocidos como toros celadores (Arieta, Rodríguez, Cano, Delfín y Fernández, 2015), podómetros (Reinoso, 2017).

#### **6.4.1 Detección visual del celo bovino**

La detección visual del celo bovino se basa principalmente en 3 componentes: Tiempo de observación, experiencia del observador para detectar los signos del celo y la capacidad de la vaca para expresar los signos (Pueyo, 2017). Muchos de los errores en la detección por observación visual están asociados a la baja expresión de los signos característicos del celo (Catalano y Callejas, 2001). Se pueden clasificar estos errores de detección del celo en 3 tipos: Error de diagnóstico en el que se inseminan animales que no están en celo, error de omisión en el cual se deja pasar el celo de una vaca y por último el error de identificación en el que las vacas son diagnosticadas correctamente, pero pueden ser confundidas en el momento de realizar la inseminación (Vallerga, Serramone y Dick, 2016), por esta razón se hace el uso de otros artefactos que puedan ayudar a las personas a identificar de una manera más sencilla el celo sin depender de los signos presentados por las vacas (Hopper, 2014).

Los auxiliares de detección de celos pueden utilizarse como una herramienta de observación visual, teniendo en cuenta los signos presentados por las vacas, en los que se reportan 11 signos, como los principales en la detección del estro bovino (Sepúlveda y Rodero, 2002):

- 1- La vaca acepta la monta de otra vaca.
- 2- La vaca monta o trata de montar a otras vacas.
- 3- Otras vacas intentan montarla, pero no acepta la monta.
- 4- La vaca se observa nerviosa, excitada, camina de un lugar a otro y no come.
- 5- Se observa una descarga serosa desde la vulva.
- 6- Presencia de pelo hirsuto, sucio y piel excoriada en la grupa.
- 7- La persiguen otras vacas y coloca su mentón en otros animales.
- 8- La vaca muge con frecuencia.
- 9- La vulva se observa roja e inflamada.
- 10- La vaca olfatea o lame los genitales de otra vaca, u otra vaca lo hace con ella.
- 11- Disminución repentina de la producción de leche.

Nelson et al., (2017) realizaron un estudio comparativo para evaluar la sensibilidad y especificidad de un sistema automático de monitoreo de actividad y la detección visual del estro en bovinos. El estudio consta de 38 bovinos (14 vaquillas y 24 vacas) de raza Hereford, la observación visual se realizó durante 20 minutos, 3 veces al día arrojando como resultado una sensibilidad del 77% y una especificidad del 89%.

En el estudio titulado “Improving detection of dairy cow estrus using fuzzy logic” Brunassi et al. (2010) desarrollaron un sistema para que la detección de estro en vacas se detectara más eficientemente, el cual consistió en tener un registro de detección del estro únicamente por el medio

visual a lo largo de 6 meses, de esta manera organizaban los datos de las vacas que iban entrando a lo largo de este tiempo en celo, así mismo se iba obteniendo de esta manera un esquema ‘‘predictivo’’ de la entrada en estro de una vaca, la cual era confirmada por las manifestaciones de celo de cada una de las vacas. En conclusión, con dicho método se lograban tener fechas predictivas de entrada en celo de cada una de las vacas, lo cual era confirmado por los signos de manifestación de cada una de ellas, obteniendo como resultado una mejora en la tasa de detección de 28.2% adicional al 56% que estaban obteniendo mediante la detección visual de celo.

Otro trabajo que se debe considerar es el estudio realizado por Bruyère et al. (2012) en el cual se plantearon la pregunta ¿pueden las cámaras de video reemplazar la detección visual del estro en vacas lecheras? En esta investigación crearon un sistema de monitorización de video para la detección de estro en un hato lechero en un periodo de 6 meses, incluyeron 35 vacas lecheras de tres razas con edades comprendidas entre 2 y 6 años. Los datos obtenidos por la detección visual fueron de un 68.6% de celos detectados vs un 80% que se lograron localizar mediante el uso de cámaras, al combinar los dos métodos se obtuvo un 88.6% de tasa de detección de celo utilizando de 8 a 32 minutos para analizar las imágenes almacenadas y 40 minutos para la detección visual.

#### **6.4.2 Pintura en la base de la cola**

La pintura o tiza en la base de la cola o grupa es un método efectivo y sencillo para determinar la aceptación de monta de la vaca. Cuando las vacas han sido montadas, parte de la pintura es removida parcial o totalmente, dando indicios de que la vaca está en celo por aceptar la monta de otro animal (Vallerga et al., 2016; Pueyo, 2017), pero también puede tener algunas limitaciones la eficiencia de este método, pues la pintura se puede quitar fácilmente con los

rascadores automáticos y según las condiciones climáticas ya que la lluvia también borra la pintura (Pueyo, 2017).

Pérez et al. (2009) Mediante un estudio cuyo objetivo fue determinar la precisión de cuatro métodos distintos de detección de celos en los que se incluía los creyones marcadores (pintura en la base de la cola), observación visual, dispositivo Kamar® y Estrotect®, en novillas doble propósito. Para evaluar los cuatro métodos de detección de celo o estro, se utilizó un número de 200 novillas agrupadas aleatoriamente en cuatro grupos de 50 animales cada uno.

Los resultados de efectividad de dicho estudio fueron del 96% del método por observación visual, un 94% para el Estrotect®, 84% para el Kamar® y tan sólo un 14% para los creyones marcadores (pintura en la base de la cola).

#### **6.4.3 Parches detectores de monta**

Estos dispositivos se utilizan adheridos a la base de la cola, cambian de color debido a la presión generada cuando la vaca en celo, ha sido montada por un toro o por otra vaca. Es un dispositivo sencillo de utilizar, ya que con una sola la observación de cambio de color se concluye que la vaca ha sido montada, pero, es una técnica puede tener una baja eficiencia, en la que se pueden mantener los dispositivos adheridos a la base de la cola (Vallerga et al., 2016).

El Estrotect® es un parche adherido en la base de la cola, el cual cuando la vaca ha sido montada pasa a tener un color rojo brillante, pero se puede despegar fácilmente de la base de la cola provocando falsos negativos, o por ejemplo en ganaderías que tienen cepillos rascadores automáticos provocando falsos positivos ya que cambia de color el dispositivo (Pueyo, 2017), este

dispositivo utilizado de la manera correcta puede tener unos resultados de sensibilidad aproximadamente del 94% (Perez et al., 2009)

Otro parche utilizado es el dispositivo Kamar®, el cual consta de una cápsula, que es activada después de que la vaca ha sido montada por lo menos 3 segundos, en la que cambia de color de blanco a rojo, e igualmente que el dispositivo Estrotect®, puede ocasionar falsos negativos por su pérdida (Pueyo, 2017). Los resultados de sensibilidad de este dispositivo son de aproximadamente 84% (Perez et al., 2009).

#### **6.4.4 Uso de toros celadores**

La modificación quirúrgica del pene se realiza para imposibilitar la cópula, sin impedir que el toro manifieste conductas sexuales y efectúe la búsqueda y monta de hembras (Arieta et al., 2015) con ayuda de un marcador en el mentón del toro, como pintura, tiza, o un arnés conocido con el nombre comercial de Chin Ball el cual en la monta, ejerce presión en la grupa de la vaca activando automáticamente una válvula que se abre y libera el marcador (Sanabria y Parra 2020). Se hace mediante toros que reciben el nombre de “celadores” o “detectores de celos” y mejoran el porcentaje de gestación y nacimiento de un hato (González, et al., 2011).

Utilizando toros celadores se detecta hasta el 90% de celos garantizando que la vaca va a parir un ternero cada 12 a 14 meses (Arieta et al., 2015) pero, los toros pueden montar solo a una o dos hembras sin tener él cuenta al resto (Pueyo, 2017) De acuerdo con las características raciales que presentan las distintas razas bovinas se puede aplicar diferentes técnicas quirúrgicas como la desviación del pene con la vaina de piel integra, la translocación del pene por túnel lateral subcutáneo, la resección del ligamento apical dorsal del pene, la fijación de la flexura sigmoidea

con miectomía del músculo retractor del pene la fimosis artificial, las cuales se han usado por mucho tiempo en el campo veterinario; sin embargo, existen algunos inconvenientes relacionados con la recuperación postoperatoria por ese motivo, se han aprobado otras técnicas que aseguran una pronta recuperación del animal, una de ellas es la técnica modificada de desviación quirúrgica del pene, la cual requiere de un menor trauma a los tejidos y ofrece una pronta cicatrización (Arieta et al., 2015).

#### **6.4.5 Podómetros**

Los podómetros son dispositivos que se utilizan para monitorear la actividad motora del animal. El podómetro consta de un contador de pasos con protección plástica y una cinta para sujetarlo, podemos encontrar podómetros que se utilizan en las extremidades posteriores del animal y en el cuello; el podómetro cuenta los pasos de una vaca durante 2 horas, almacena esta información en una memoria y guarda los registros una vez la vaca entra al ordeño mecánico, la información recogida es transferida a un ordenador en donde se puede interpretar esta información. Gracias a este método podemos monitorear el comportamiento bovino por el considerable aumento de la actividad al momento del celo (Reinoso, 2017). Sin embargo, el podómetro tiene algunas desventajas ya que en vacas amarradas no puede mostrar el aumento de la actividad del mismo modo como lo hace cuando están sueltas. Otros posibles fallos de este método son los falsos negativos, que pueden ser causados por una menor lectura del podómetro, causada por cojeras, altas temperaturas, producción lechera o un mayor número de partos (Pueyo, 2017).

Roelofs, y col. (2005) en su estudio titulado " Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle" demostraron que el aumento en el número de

pasos en una vaca es un indicador de estro y gracias a esta información es posible predecir el tiempo de ovulación para así programar inseminaciones y obtener mejores resultados en la fertilización de una finca ganadera. En esta investigación se utilizaron 43 vacas Holstein-Friesian con un resultado total de 63 ovulaciones y un porcentaje de detección con podómetros para los estros conductuales de 51 y 87%.

#### 6.4.6 Androgenización de hembras

Se utilizan hormonas masculinas en hembras para así aumentar “agresividad sexual” (androgenización). Las vacas que mejor responden a esto son las freemartins. En dicho protocolo se administra 200 mg de propionato de testosterona IM diariamente por 3 semanas. Cuando la hembra inicia su actividad de monta se puede continuar con una dosis de mantenimiento cada 10 a 14 días. (Ortíz; S. y Ávila; K. 2020).

#### 6.4.7 Programas con software

Celator: Es un método complejo porque requiere un programa y se complementa con mensajes para enviar información al inseminador y/ o cliente en tiempo real del celo detectado, debe implantarse un microchip en la base de la cola de la vaca, que se convierte además en una alternativa para identificación electrónica del ganado. Requiere de un toro celador, que lleve un arnés en el pecho con un lector del microchip enviando inmediatamente una notificación al celular o programa de software del productor, donde informa cual vaca entró en celo y a qué hora. (Ortíz; S. y Ávila; K. 2020).

Heatwatch: Es un sistema que detecta la monta, se adhiere sobre la base de la cola y envía al receptor información sobre la identificación de la vaca, la duración de la monta y el número, hora y fecha de cada monta. El sistema considera que una vaca está en celo cuando ha sido montada por lo menos tres veces en un periodo de tiempo de 2 a 4 horas. Entre las complicaciones se encuentra que se pierda el parche causando falsos negativos. En novillas mestizas doble propósito en Zulia, Venezuela se le atribuye una efectividad del 78%. (Jimenez y col 2009).

### **6.5 Detección de sustancias mediante la especie canina**

Las razas de perros más utilizadas por sus cualidades para el trabajo de detección de sustancias son: el Pastor Alemán, Golden Retriever, Beagle, Labrador Retriever, algunos autores hablan del terrier, el sabueso y el pastor belga mallinois; las características de estas razas, agilidad, rapidez, capacidad de rastreo, inteligencia, capacidad auditiva y fortaleza, ayudan a un adecuado desempeño en el aprendizaje de detección de sustancias. (Méndez y Pérez, 2009). Para el trabajo de detección de olores se busca que los perros sean tranquilos, audaces, confiados y no demasiado agresivos, en general, la raza ideal cae en las categorías de trabajo, pastoreo o deporte; sin embargo, ninguna raza es mejor que otra. La temperatura y el terreno también son factores que afectan las opciones o los tipos de perros utilizados en un lugar en particular (Weakley y Rebmann, 2016).

Flores y Carrera (2015) describen las características de 3 razas de perros destacadas en la detección de olores:

- El Pastor Alemán ha sido utilizado en muchos trabajos desempeñando siempre su capacidad y destreza. Son perros inteligentes, valientes, tranquilos y fieles teniendo la capacidad de aprender fácilmente, su función principal es ser pastor de ovejas y vacas, además de que ha

sobresalido en otros trabajos útiles al hombre como lo es ser perro guardián, guía, policía, detector de drogas y para servicios de rescate, entre otros.

-El Beagle es una raza cuya función principal es ser cazador, se caracteriza por ser un perro elegante, independiente, juguetón y tranquilo, siendo el más pequeño de los sabuesos ingleses. Debido al desarrollo del olfato es usado por la policía como perros detectores de sustancias ya que cuando distinguen algún olor no se desprenden de él.

-El Golden Retriever es un perro muy útil como perro de rastreo de muestras y por sus características lo convierten en un buen perro policía, gracias a su inteligencia y afecto es usado comúnmente como perro guía para las personas ciegas.

### **6.5.1 Olfato del canino**

El olfato de perro tiene una habilidad superior a la del humano para detectar olores (Weakley y Rebmann, 2016), pueden detectar incluso pequeñas cantidades de sustancias sin importar el tamaño y forma de la molécula, la capacidad olfatoria de los caninos es la mayor de los mamíferos, incluso un millón de veces más que la del humano (Dominguez et al., 2013), el perro es un animal el cual después de un riguroso entrenamiento logra memorizar y localizar distintos aromas (Salvador, 2013). Las fosas nasales de los perros son más anchas y más grandes que las de un humano, tienen una glándula especializada para el olor, una octava parte de su cerebro se encuentra comprometida con el olfato, y además tiene millones de células especializadas para dicha función (Weakley y Rebmann, 2016).

Al ingresar el aire en la nariz este se separa en dos corrientes, la primera es dirigida a los pulmones y la segunda a las células olfatorias en donde se realiza el reconocimiento de los olores;

de esta manera, cada olor es reconocido como signo de determinadas circunstancias, y cada vez que el animal vuelve a percibir un olor ya conocido, sabe exactamente a qué sustancia corresponde el olor (Méndez y Pérez, 2009), para ello se lleva a cabo un entrenamiento físico y mental, teniendo en cuenta la obediencia, habituación al olor y trabajo de campo (Salvador, 2013).

### **6.5.2 Adiestramiento**

En la búsqueda de información acerca de la formación y adiestramiento de un canino para la detección de olores podemos encontrar que la mayoría de los autores se basan en perros policía y/o militares, ya que estos con frecuencia son utilizados en el campo de búsqueda de detección de sustancias como son, estupefacientes, búsqueda de explosivos y rescate de personas (Méndez y Pérez, 2009), en su entrenamiento se pueden enseñar a detectar cualquier tipo de sustancia, sin importar la presencia de otros olores que puedan afectar el reconocimiento de la sustancia u olor que deseamos sea reconocida por el perro (Dominguez et al., 2013).

En el manejo que se tiene para los perros que se dedican a detección de olores es importante la unión perro-entrenador, lo cual se logra por medio de ejercicios consecutivos de estimulación, los cuales buscan alcanzar el adecuado aprendizaje del perro en la detección de sustancias con características únicas (López, 2008). Estas características se dividen en dos fases: la biológica, en donde se realiza una evaluación clínica de diferentes sistemas del animal como: sistema nervioso, endocrino y sensorial y una fase institucional, en donde se evalúan las habilidades propias del animal según la especialidad en la que se desea entrenar (Méndez y Pérez, 2009).

También se busca hacer una valoración del temperamento, con la cual se logra establecer conductas de temor a objetos o situaciones en particular; un apego a un juguete desde cachorros es

probado para saber si son aptos para la búsqueda de sustancias o no. También se enseña a que cumpla ciertas órdenes básicas que debe aprender mediante ejercicios consecutivos de recompensa y motivación, para así lograr la eficacia de la búsqueda de sustancias mediante el olfato (López, 2008; Méndez y Pérez, 2009).

Para lograr adiestrar al perro se deben realizar dos tipos de estimulación al aprendizaje: El condicionamiento clásico donde se intenta retener los estímulos involuntarios producidos por el animal y el condicionamiento instrumental en donde se logra hacer que, mediante ejercicios de aprendizaje y de repetición, ya sea mediante un refuerzo o un castigo el animal aprenda un comportamiento (Fernández, 2007). Una vez es seleccionado un cachorro se inicia un proceso de educación y entrenamiento entre los seis y nueve meses, la clave de esta etapa es el aprendizaje en donde se juega un papel importante en el condicionamiento clásico y el condicionamiento instrumental (Méndez y Pérez, 2009).

El animal constantemente recibe refuerzos, puede ser positivo o puede ser negativo; el refuerzo positivo ocurre cuando el comportamiento del animal es reforzado por producción o prolongación de un acto deseable que satisfaga las necesidades fisiológicas o psicológicas del animal, por ejemplo un perro que tenga hambre, la oportunidad de adquirir un bocadillo es digna de su esfuerzo y trabajo, si la obtención de comida es hecha repetidamente sobre un perro que se sienta cuando se le requiere, el perro aprende que sentarse es una señal que resulta de la obtención de comida lo que significa un refuerzo positivo, después de varias repeticiones la probabilidad de que el perro se sienta al darle una orden es tan grande tanto y como sea reforzada la orden de sentarse. El refuerzo negativo ocurre cuando un comportamiento es reforzado por la terminación o reducción de un acto no deseado, por ejemplo, en el mismo caso del perro que se requiere que se sienta, el perro es enseñado a tirar de la correa hacia arriba y a la vez hacer presión hacia abajo, la

fuerza utilizada es dolorosa para el perro, el perro aprende a evadir el evento negativo sentándose en respuesta a la orden (Méndez y Pérez, 2009).

Los perros pueden ser entrenados para diversas tareas de detección de olores siendo usados para búsqueda de explosivos, drogas o biomarcadores de cáncer (Fischer et al., 2014). La mayoría de los perros que trabajan para la detección de sustancias en la policía son perros que deben tener una resistencia significativa, especialmente en las búsquedas de cuerpos en el desierto, en patrullaje o en búsqueda de cadáveres. Hay muchos tipos de búsquedas realizadas por unidades caninas. Cada tipo requiere entrenamiento especial, experiencia y pericia (Weakley y Rebmann, 2016).

El material que se maneja para el adiestramiento en la detección de sustancias mediante el olfato es el Kong, un envase laminado con orificios donde se guardará la muestra de la sustancia y unas cajas que serán utilizadas para ocultar la sustancia la cual se desea el perro encuentre (*Figura III*). La sustancia o el material con el que se va a trabajar debe estar fresco y se requiere de un escenario en donde se puede ocultar la muestra. Para empezar, se hacen ejercicios de familiarización entre el entrenador y el perro, el entrenador hace una presentación del Kong y este es arrojado lo más lejos posible, esto para despertar el interés del perro por el Kong y para observar la actitud que tiene frente a la situación, una vez se ha verificado el interés del perro hacia el Kong, se empieza el entrenamiento ocultando el Kong en lugares sencillos de encontrar. El perro empezará a desarrollar la identificación del Kong mediante su olfato y sin ayuda, una vez el animal encuentra el Kong es recompensado jugando con él o mediante comida, dándole a entender de que a echo bien el ejercicio. Pasado un tiempo el Kong es ocultado del perro junto una muestra de la sustancia u objeto que deseamos encuentre, el cual debe estar en un recipiente con poros lo suficientemente grande para dejar salir el olor y de esta manera asociará el nuevo olor como un

hallazgo, conforme el perro aprenda a asociar el olor de la muestra con el Kong se seguirá el adiestramiento dejando la muestra sin el Kong pero haciendo el ejercicio de ocultar dicha muestra en distintos lugares y recompensando jugando con el Kong siempre que encuentre la muestra (*Figura III*). Pasado algún tiempo el perro habrá aprendido que el hallazgo de la muestra se verá recompensada con algo que le causa excitación y una vez logrado que el perro asimile el proceso de búsqueda con un juego o la comida se da lugar a una “marcación”, esto es clave ya que mediante una señal el perro le indicará a su entrenador en qué lugar se encuentra la sustancia o material que deseamos encuentre. Esta “marcación” se desarrolla cuando al encontrar la muestra el perro hace una acción como sentarse, levantar la pata, ladrar o echarse y cuando el perro da estas señales se le debe recompensar con diferentes estímulos (López, 2008).

Los ejercicios que se manejen deben ir aumentando de dificultad yendo de lo más fácil a lo más difícil, la corrección durante la ejecución no debe ser por ningún motivo un castigo y el perro siempre debe ganar (Méndez y Pérez, 2009).



*Figura II. López (2008) Objetos utilizados en el adiestramiento del canino.*



*Figura III. López (2008) Ejercicio de adiestramiento del canino.*

Un gran grupo de perros de servicios policiales están entrenados para el trabajo de detección de narcóticos, explosivos o detección de cadáveres. Dependiendo del área de especialidad del entrenamiento canino, el tipo de perro puede variar ampliamente, desde un pastor alemán hasta un golden retriever (Méndez y Pérez, 2009). El perro debe ser receptivo al entrenamiento con una disposición constante y capacidad de percepción olfativa. En general, se reconoce que algunos perros son más adecuados para una tarea en particular que otros, los perros de trabajo son una combinación de construcción corporal, resistencia y unidad. En las escenas de crímenes al aire libre los perros de detección de cadáveres y de detección de sangre pueden tener la tarea de localizar olores que tienen días, semanas o meses (Weakley y Rebmann, 2016).

Riva et al. (2012) analizaron el comportamiento durante el entrenamiento de 20 perros de los cuales 18 eran de la raza Pastor Alemán y 2 Labrador Retriever, 11 eran machos y 9 hembras (todos enteros) y todos fueron entrenados en la Guardia di finanza (fuerza especial policial en Italia) para la búsqueda de drogas. El análisis del estudio se realizó considerando una serie de pruebas durante el entrenamiento como también la raza y el sexo. Los resultados del estudio mostraron la

importancia de protocolos de evaluación completos y objetivos para la evaluación de diferencias comportamentales de los participantes antes y después de los entrenamientos en la búsqueda de drogas, para poder determinar estrategias de detección y procedimientos de entrenamiento efectivos y exitosos.

El entrenamiento se hizo mediante una prueba estandarizada basada en los estudios realizados por Svartberg, Tapper, Temrin, Radesäter y Thorman (2005) la cual se utiliza para evaluar las aptitudes naturales de los perros. Los perros fueron evaluados mediante distintas pruebas para así clasificarlos y analizarlos en 7 rasgos conductuales: sociabilidad (reacción al saludo, cooperación, reacción al contacto físico), juego (interés, cooperación, reacción física al contacto), nivel de actividad (grado de actividad), instinto depredador (persecución, propensión, instinto de agarre del objetivo) agresividad (interés en el extraño y comportamiento agresivo), curiosidad (reacción de sobresalto, comportamiento exploratorio, comportamiento de evitación comportamiento de aproximación) y reacción a ocurrencia inesperada “disparos” (comportamiento de evitación). La reacción del perro a cada prueba se clasificó en una escala que va de 1 (temeroso/sobre reactivo) a 5 (seguro/juguetón) para considerar la intensidad de la reacción conductual de los participantes (Riva et al., 2012).

El análisis de reactividad conductual, reveló diferencias significativas para varias pruebas. La capacitación da como resultados puntajes más bajos, para los componentes de: “sociabilidad”, “instinto de depredador” y “agresividad”. Los perros entrenados para detectar drogas en este estudio, parecen mostrar un comportamiento, menos interactivo y más reactivo (Riva et al., 2012).

El entrenamiento parece influir en las características de comportamiento consideradas importantes en la actitud del perro de trabajo, pero las sesiones de entrenamiento, también pueden ser estresantes para el animal (Svartberg et al., 2005).

### 6.5.3 Trabajo de detección de olores

#### 6.5.3.1 *Detección de cáncer con ayuda del olfato canino*

En investigaciones hechas recientemente se ha abordado el tema de cómo el perro es usado como método diagnóstico para la detección precoz del cáncer. Se ha prestado mucha atención al uso de olores emitidos en forma volátil como biomarcadores de diagnóstico, los estudios señalan que mediante un entrenamiento especial de perros para detectar diferentes cánceres utilizando diversas muestras de olor tomadas del paciente con dicha enfermedad como lo es el aliento, orina y tejidos cancerosos han arrojado resultados prometedores en las investigaciones (Pirrone y Albertini, 2017). Se han reportado perros capaces de detectar olores particulares provenientes de ciertos tumores de piel, como lo son los melanomas malignos (Murarka et al., 2019). Se ha demostrado que los caninos de detección médica reconocen el perfil de olor de los tumores malignos de muchos tipos de cáncer de ovario; sin embargo, un inconveniente importante es tener bastantes pruebas o muestras en cada sesión de entrenamiento para que los caninos entrenados no comiencen a reconocer a un paciente individual. Dado que los tumores producen compuestos volátiles los cuales son expelidos a la atmósfera a través de la respiración y el sudor, estos compuestos pueden ser detectados a través del olfato canino, se ha reportado casos en los cuales se han adiestrado caninos para detectar cáncer de vejiga y próstata mediante la presentación de orina de los pacientes; los caninos son capaces de detectar a través del olfato sustancias que se especula pueden ser formaldehídos y derivados del benceno que serían característicos de esta enfermedad. El éxito de detección de cáncer de vejiga en la orina, según los estudios realizados es de aproximadamente 41% (Velásquez, 2005). Mientras tanto en la detección del cáncer de próstata, se han evidenciado mejores resultados, este tipo de cáncer da un olor característico a la orina y

puede ser detectado por medio del olfato canino, demostrando buenos resultados de detección hasta el 91% (Cornu, Tassin, Ondet, Girardet y Cussenot, 2011).

Los caninos mediante el olfato de la orina, tienen la habilidad de detectar cáncer de próstata mediante la captación de algunas moléculas características de esta enfermedad. El cáncer de mama y de pulmón, también han sido detectados a través del olfato de los perros (Velásquez, 2005).

#### ***6.5.3.2 Perros identificando animales silvestres***

Browne, Stafford y Fordham (2015) en su Trabajo “*The detection and identification of Tuatara and Gecko scents by dogs*” hablan de Tuatara y Gecko, dos clases de reptiles endémicos de Nueva Zelanda y la cual se han manejado en el campo por razones de conservación. Veinte perros fueron reclutados en 2 clubes de entrenamiento de perros para participar en 2 estudios: uno con esencias de Tuatara y el otro con esencias de Gecko; dentro de cada estudio, se evaluó la capacidad de los perros para detectar olores en una serie de experimentos en los cuales se les obligó a discriminar un aroma en específico. En el estudio se incluyeron las esencias del objetivo, incluyeron el olor humano, Tuatara y excrementos de Gecko, también se usaron pieles desprendidas y toallas de papel en las que se habían sentado reptiles cautivos. Los perros identificaron aromas de humanos, Tuataras y Geckos con tasas de éxito promedio de 86.7% y 97.8%. Los perros podrían detectar excrementos de reptiles frescos y antiguos y discriminar entre diferentes olores de reptiles. Los éxitos de detección fueron significativamente más altos de lo esperado. Esta investigación muestra que los perros pueden detectar los aromas de Tuatara y Gecko y podrían ser utilizados en trabajos de conservación. Los perros pueden complementar o

proporcionar una alternativa a los métodos visuales actualmente utilizados para localizar estos reptiles.

Paula et al. (2011) se plantearon una solución mediante el uso del olfato canino a una problemática de los cadáveres de aves causadas por las infraestructuras eólicas en el parque eólico ubicado en Sierra de Candeeiros-Portugal. El grupo de Operaciones Especiales de la Policía de Seguridad Pública de Portugal (PSP) entrenó a un guía y un perro de detección (Pastor Alemán hembra de dos años) durante tres meses para formar un equipo de guía de perros. Las técnicas de entrenamiento utilizadas fueron bastante similares a las utilizadas para entrenar narcóticos, explosivos, búsqueda y rescate.

Este perro fue entrenado inicialmente para asociar el aroma de distintos cadáveres de pájaros o murciélagos a una recompensa (juguete para perro), el entrenamiento se basó en el uso de 17 especies diferentes de aves entre ellas (*Alauda arvensis*, *Falco tinnunculus*), y murciélagos, recolectadas en encuestas de campo. El perro aprendió la asociación requerida por la recompensa (juguete) que se le dio cuando localizó el objetivo y realizó la alerta entrenada (permanecer, apuntar y ladrar). Durante estas pruebas, los cadáveres se colocaron en diferentes hábitats (por ejemplo, arbustos, césped sin vegetación, rocas y entornos humanizados) y niveles de dificultad (por ejemplo, topografía diferente, condiciones meteorológicas, cadáver expuesto / oculto) (Paula et al., 2011).

Los principales hallazgos de este estudio demuestran que los perros pueden ubicar los cadáveres de aves en condiciones reales de campo con mayor precisión que los humanos, como se han observado en anteriores estudios. Aunque este estudio se realizó en un parque eólico, el uso de perros de detección para la búsqueda de cadáveres también se puede aplicar en otras áreas donde también se produce la mortalidad de aves y murciélagos (por ejemplo, líneas eléctricas, cercas,

carreteras, etc.), y donde también se necesita un método de búsqueda más preciso y eficiente. De la cantidad de cadáveres expuestos el perro detectó el 96% de estos, mientras que sin el perro sólo detectaban el 9% de ellos. La fiabilidad del perro fue del 100%, ya que no se realizaron alertas falsas (Paula et al., 2011).

En el Parque Nacional Emas de Brasil, se implementó el uso de perros para identificar los excrementos de cinco mamíferos en peligro de extinción de la zona y así identificar su presencia: lobo de crin (*Chrysocyon brachyurus*), jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*) y armadillo gigante (*Priodontes maximus*). Se buscó que los perros rastrearán excremento de distintas especies para poder diferenciarlas de otras. Inicialmente se entrenaron perros que identificaran excrementos de individuos cautivos (salvajes); lobos, jaguares y pumas. En total se detectaron 2683 muestras de posibles excrementos de las cuales se descartaron 433 muestras porque eran sin olor y forma (es decir, excrementos muy viejos), y otras 650 que no correspondían a muestras de excremento, mientras que 936 muestras de excremento fueron identificadas pertenecientes a lobos de crin, 505 de osos hormigueros gigantes, 33 de jaguares, 70 de pumas y 56 de armadillos gigantes, todas confirmadas por análisis de ADN (Vynne et al., 2010).

En otro estudio realizado en California - Estados Unidos, en el desierto de San Juan, se llevó a cabo una investigación durante 4 años, en el que 3 perros (1 pastor alemán hembra y 2 border collie macho) fueron entrenados para implementar la localización del lagarto leopardo nariz de roma (*Gambelia sila*), el cual es una especie que se encuentra en conservación, debido a su alto riesgo de extinción. Se recolectaron 327 muestras de las cuales el 82% de ellas se confirmó que pertenecían al lagarto leopardo de nariz roma, lo cual se concluye que los perros de detección de

conservación pueden localizar más excrementos y con mayor precisión en la identificación de especies que los humanos (Statham et al., 2019).

### **6.5.3.3 Identificación de distintos microorganismos.**

Fischer, Theby, Kromker y Heuwieser (2018) explican cómo un grupo de 9 perros fueron entrenados para identificar la bacteria Gram positiva *Staphylococcus aureus* y diferenciarlo de otros patógenos comunes que causan mastitis. Se hicieron unas pruebas de agar con muestras de leche cruda inoculada, muestras de campo con recolección de vacas con *Staphylococcus aureus* y muestras de otros patógenos causantes de mastitis. La capacidad de identificar el olor específico de *Staphylococcus aureus* en la leche depende de la concentración de los patógenos en las muestras de entrenamiento. La sensibilidad y especificidad para la identificación de *Staphylococcus aureus* fueron 91.3 y 97.9% respectivamente para patógenos cultivados en placas de agar; 83.8 y 98.0% para patógenos inoculados en leche cruda; y 59.0 y 93.2% para muestras de leche de vacas con mastitis. Los resultados de estos experimentos subrayan el potencial uso de la detección de olores como herramienta de diagnóstico para *Staphylococcus aureus*. Sin embargo, el 44% de los perros que participaron de este estudio presentaron signos característicos de estrés (jadeo o ladridos) y fueron excluidos de la prueba.

En 2012 se llevó a cabo un estudio en Holanda para la identificación de un agente patógeno común (*Clostridium difficile*) en personas con enfermedad intestinal por medio de un perro de raza Beagle macho de dos años, que fue entrenado para dicho proceso con muestras de heces de pacientes de un hospital de Holanda. En total fueron 100 muestras de heces (50 positivas y 50 negativas) de las cuales el perro detectó correctamente las 50 pruebas positivas, mientras que

dio respuesta negativa a 47 de las 50 pruebas negativas y las 3 respuestas restantes se registraron como una respuesta no concluyente. Esto indica que tuvo una sensibilidad del 100% mientras que una especificidad del 94%, unos resultados prometedores debido a que en este estudio el perro entrenado tuvo contacto directo con el paciente y no con muestras biológicas aisladas como son llevado en otros estudios y además fueron relativamente rápidos en la detección de dicho patógeno: 10 minutos por muestra del paciente. (Boomers et al., 2012).

Davies et al. (2019) realizaron una investigación, en la cual se buscaba identificar *Pseudomona aeruginosa*, un patógeno infeccioso que causa fibrosis quística en humanos, con la ayuda de 4 caninos. Actualmente, las infecciones bacterianas se detectan mediante un cultivo bacteriano tomando muestras de las vías aéreas, pero estas carecen de especificidad y en algunos casos de sensibilidad.

En este estudio se realizaron 593 muestras de 3 agentes bacterianos (*Staphylococcus aureus*, *Moraxella catarrhalis* y *Pseudomona aeruginosa*) para ser discriminadas por 4 perros. Al final del estudio se concluyó que los perros pueden diferenciar entre 1 o 2 organismos distintos a *Pseudomona aeruginosa*, con una sensibilidad del 86.5% y una especificidad del 84.1%, confirmando que después del entrenamiento los perros pueden detectar el olor de *Pseudomona aeruginosa* (Davies et al., 2019).

En Suecia, se realizó una investigación con el objetivo de identificar crecimiento microbiano de la bacteria (*Streptomyces sp.*) y los hongos (*Antrodia sinuosa*, *Serpula lacrymans* y *Coniophora puteana*) en la madera de 2 edificios, los cuales pueden generar problemas respiratorios en las personas y descomposición de la madera presente en la estructura de los edificios. Dicha investigación se llevó a cabo con la ayuda de dos perros hembras de raza labrador

de 2 y 6 años de edad, las cuales fueron entrenadas para discriminar el olor de los hongos y la bacteria anteriormente mencionadas. Los resultados del experimento, reflejaron que los perros tuvieron la capacidad de detectar (sensibilidad) el 60% de las zonas en las que había presencia de la bacteria (*Streptomyces sp.*) y el 75% de la madera con hongos (*Antrodia sinunosa*, *Serpula lacrymans* y *Coniophora puteana*). Adicionalmente los perros tuvieron una especificidad del 90%, en la que se puede destacar su capacidad de reconocer zonas de los edificios que no están siendo afectadas por el crecimiento microbiano (Kauhanen, Harri, Nevalainen y Nevalainen, 2002).

#### ***6.5.3.4 Detección de corrosión en las plantas de gas y petróleo***

Se han realizado trabajos de investigación donde se habla de perros utilizados como detectores en la tecnología de rastreo de olores remotos o “*remote scent tracing*” por sus siglas en inglés RST. En el estudio “*using dogs to detect hidden corrosión*” publicado por Schoon et al. (2014), se tomaron 5 perros, los cuales fueron entrenados para detectar la corrosión bajo el aislamiento de las tuberías con la toma de muestras de aromas recolectadas en las plantas de procesamiento de gas y de petróleo. Durante un proyecto de dos años, los perros entrenados para detectar la corrosión utilizando material de aislamiento (recogido anteriormente de otras ubicaciones corroídas en la planta) daba como resultado que los perros pueden detectar la corrosión en los filtros de las tuberías aisladas. Los resultados preliminares en muestras doble ciego fueron prometedoras: la sensibilidad de la detección de las muestras de campo fue del 92% y la selectividad del 93%. La aplicación de dicho sistema como herramienta en un programa de mantenimiento preventivo en plantas de procesamiento de petróleo y gas podría ser útil para determinar el tiempo de mantenimiento, permitiendo así una asignación más eficiente de los recursos económicos necesarios para la inspección visual. En la (*Figura IV*) podemos observar un

perro de raza Belga Malinois olfateando y discriminando sustancias corrosivas en la prueba carrusel (Schoon et al., 2014).



*Figura IV. Schoon et al. (2014) Perro olfateado y discriminando muestras de corrosión.*

#### **6.5.3.5 Detección de sustancias alucinógenas**

La efectividad de la detección de drogas por parte de los perros, está estrechamente ligada a su raza, tipo de droga y el entorno en que se realiza la búsqueda. Los pastores alemanes son los perros que de mejor manera logran detectar estas sustancias, caso contrario con los terrier que muestran resultados más bajos en esta labor, por otra parte, la detección de las drogas puede variar según su tipo, siendo clasificadas de la más fácil a la más difícil de identificar: Marihuana, hachís, anfetamina, cocaína y heroína. El entorno de búsqueda es un factor que puede alterar la búsqueda de estas sustancias, aunque son eficientes en la búsqueda tanto en entornos conocidos como desconocidos, si tienen dificultades para la detección cerca o dentro de los automóviles (Tadeusz et al., 2014).

Los perros en ocasiones hacen alertas falsas, colocando en duda su uso en la identificación de drogas, pero a pesar de esto son capaces de detectar entre el 70% hasta el 90% de estas sustancias ilícitas, aprobando de esta manera el trabajo de los caninos en la detección de drogas (Tadeusz et al., 2014).

Torres (2012) en un estudio realizado por la Universidad Militar de Nueva Granada en Bogotá analizó la problemática que tiene la institución INPEC para el control de sustancias narcóticas al interior de los establecimientos de reclusión. Se determinó que el costo de sostenimiento mensual para el año 2012 de un perro entrenado fue de (\$121.333) en comparación a otros empleados de seguridad que en promedio fue de (\$1'500.000), teniendo en cuenta que el servicio de guías caninos desempeñan labores como: detección de drogas, explosivos y armas, realizan seguridad perimetral, asistencia y defensa, las mismas que funciones que cumplen otro organismos de la institución, concluyendo que con un presupuesto menor, los caninos sostienen y ejecutan los programas de lucha contra el microtráfico dentro de la población de reclusos del país demostrando unos resultados de 689 kilos incautados en el año 2004 al 2010.

La duración del entrenamiento dura alrededor de 700 horas, el cual se basa en: Asociación de sustancias, Etología canina, Ejercicios de obediencia, Legislación canina, Sanidad canina, Sustancias psicoactivas y Administración de unidades caninas; las razas que se recomiendan para este tipo de trabajo son: Pastor Belga Malinois, Labrador, Pastor Alemán, Pastor Holandés, Golden Retriever en edades de 8 a 24 meses (Torres, 2012).

La *Drug Enforcement Administration* (DEA) en 2011 emitió un aviso en cual se prohibió la posesión y el consumo de 3 tipos de sales de baño (Mephedrone, metilona y 3,4-metilendioximetanfetamina (MDMA)), pero los químicos aficionados han modificado estos compuestos para alterar ligeramente su estructura química y así crear nuevas generaciones de estas sustancias con estructuras químicas ligeramente diferentes, lo cual evita la prohibición de estas nuevas generaciones pero sigue causando el mismo efecto de la sales de baño normales. En un estudio realizado para evaluar la capacidad de los caninos en la detección de narcóticos, especialmente sales de baño, Shellman, Holness y Furton (2019) estudiaron a doce perros de

detección de narcóticos certificados; en un ejercicio de adiestramiento, se escogió un grupo de perros aleatoriamente para que conformarán dos grupos de entrenamiento y después se asignaron a un grupo de detección de sales de baño (etilona y alfa pirrolidinovalerofenona ( $\alpha$ -PVP)), durante un periodo de capacitación de 1 mes. La prueba de detección de sustancias de este estudio se realizó en los laboratorios de delitos del departamento de policía de Miami-Dade y Palm Beach Central High School, los ensayos caninos se realizaron en un escenario de prueba ciego, ya que los evaluadores conocían el resultado, pero el equipo de manejo canino no. La prueba inicial se realizó en Miami-Dade, fue en un espacio cerrado y controlado, las muestras que se utilizaron para la prueba fueron: Metilona, etilona, MDMA; marihuana y una muestra blanco que no contenían ningún olor que pudiera causar una alerta por parte del canino, los manejadores caninos también fueron informados de que solo podían recompensar a sus caninos si alertaban al control positivo (marihuana y MDMA), y se les instruyó que no recompensaran a sus caninos por alertar una muestra que contuviera sales de baño. Los cationes se ubicaron al menos a 10 pies de distancias, dando como respuesta un 100% de efectividad para la detección de marihuana, 94% para MDMA y 0% para metilona, etilona y la muestra blanco lo que mostró que los perros en este estudio no pudieron alertar sales de baño.

Las siguientes pruebas se realizaron en Palm Beach; las pruebas se dividieron en 2 grupos los que buscan  $\alpha$ -PVP solamente y los que buscan etilona, los cuales pasaron por 3 etapas (aprendizaje, búsqueda y enfoque) en las cuales se utilizaron 5 cajas con las mismas muestras que en Miami-Dade pero utilizando la mitad inferior de los casilleros para colocar las muestras para así mejorar la interacción del olor del canino, todos los casilleros asignados se abrieron y cerraron con las manos enguantadas, se sacaron las bolsas con las muestras y se colocaron en el casillero, los casilleros se cerraron y las cerraduras se fijaron; después de completar el proceso con las 3 etapas,

se realizó una prueba de validación con las cajas que contenían sales de baño incautadas colocadas aproximadamente a 10 pies de distancia una de la otra. Los resultados revelaron que los caninos no podían alertar de manera confiable los cationes sintéticos como  $\alpha$ -PVP y la etilona. Aunque se mostró interés por las tres sales de baño ningún canino produjo una alerta final; los resultados fueron un 100% de respuesta para marihuana, 100% para MDMA, 7.1%  $\alpha$ -PVP, 28.5% para etilona y 7.1% para muestra blanco (Shellman et al., 2019).

El ensayo concluyó en que todos los doce caninos que se habían entrenado con éxito en el olor de estos medicamentos en algún momento mostraron interés en la muestras de  $\alpha$ -PVP y etilona y que las instrucciones que se dieron a los manejadores eran para que informaran al observador si su perro alertaba las muestras o mostraba interés, también se concluye que existe una superposición sustancial con compuestos como la metilona que se detecta en el espacio de la cabeza de todas las muestras confiscadas lo que permite que los caninos usen uno o más de estos compuestos como el odorizante activo que es responsable de que produzcan una alerta. Al final del estudio se descubrió que los perros entrenados no solo pueden detectar las sales de baño para las cuales fueron entrenados, sino que también tienen la capacidad de detectar otras sales de baño (Shellman et al., 2019).

#### ***6.5.3.6 Detección de personas mediante fluidos corporales***

Los perros han representado una gran herramienta en la búsqueda del rastro de personas, lo cual ha sido reportado desde el siglo XIX. Teniendo en cuenta el desarrollado olfato canino que se caracteriza por: tener fosas nasales anchas y grandes,  $\frac{1}{8}$  parte del cerebro canino está directamente involucrada con el sentido del olfato y adicional a esto llegan a poseer hasta 220 millones de células

especializadas para el olfato. Por lo tanto, con el sistema tan desarrollado del olfato canino, ha sido útil su ayuda en la búsqueda de personas, la cual se logra a partir del olor que genera el cuerpo humano, tanto interna como externamente; en células (principalmente sudoríparas) y vapores generados en el cuerpo por respuesta fisiológica e incluso bacterias que pueden crecer en los cuerpos de personas muertas (Weakley y Rebmann, 2016).

El entrenamiento, se realiza en perros con un comportamiento tranquilo y no agresivo, incluyendo principalmente las razas Pastor Alemán y Jack Russell Terrier, dicho entrenamiento debe involucrar también a su guía, para que el guía entienda las alertas emitidas por el perro entrenado (Weakley y Rebmann, 2016).

Vyplelová et al. (2014) realizaron un estudio en el cual se buscó esclarecer si existe un olor detectable en la palma de la mano de las personas y si es posible que un canino entrenado pueda detectar ese olor. El estudio se basó en la toma de muestra de un aroma control de la mano derecha e izquierda de siete sujetos masculinos entre 15 a 60 años, la identificación del olor se realizó por dos pastores alemanes hembras manejadas por policías caninos; ambos eran caninos certificados en la detección de olores. Los dos Pastores Alemanes realizaron 14 alineaciones y coincidieron correctamente con los olores de todas las personas evaluadas, no se pudo hacer un análisis estadístico que compararan los aromas de la mano derecha e izquierda porque no hubo variaciones entre ellas.

Curran, Parada y Furton (2010) demostraron que el olor humano recogido de los elementos recuperados en una escena posterior a la explosión se puede evaluar utilizando equipos caninos específicos de olor humano para ubicar e identificar a las personas que han estado en contacto con los componentes del dispositivo explosivo improvisado (IED).

Se recogió el olor humano del dispositivo post-exposición y los componentes del vehículo. Luego, se desplegaron equipos caninos específicos de olor humano en la escena de la explosión y en lugares retirados de la escena de la explosión para validar que el olor humano permanezca en cantidades suficientes para una detección e identificación canina confiable (Curran y col 2010).

Este estudio verificó la capacidad de localizar e identificar a las personas que han estado en contacto con dispositivos explosivos improvisados que utilizan el olor humano de los escombros posteriores a la explosión con un éxito promedio de la respuesta del sitio del 82.2% y un éxito promedio general del 73.5%. Este estudio doble ciego ha demostrado que los caninos específicos de olor humano son competentes para seguir un olor específico en un entorno complejo, árido y de baja humedad, a través de vientos moderados a altos, y a través de áreas con alta contaminación en sitios cruzados. (Curran et al., 2010).

La policía holandesa creó un proyecto para evaluar el uso de perros detectores de olores para localizar manchas de semen durante la práctica forense, ya que la identificación de semen es fundamental debido a que se utiliza como pista de investigación para el caso. En este estudio participaron cinco perros entrenados en la detección de olores y el método que se utilizó fue doble ciego. Se realizaron 6 experimentos en donde la secuencia en la que se aplicaron los métodos de detección variaba y se utilizaron muestras de semen humano, saliva y leche materna; se obtuvo un 100% de sensibilidad y especificidad para detectar manchas de semen en diferentes tipos de telas utilizando los perros de detección, en comparación con una sensibilidad y especificidad general de 76.3% y 100% respectivamente para FLS (fuente de luz forense), 81.6% y 100% para la prueba RSID (Forense independiente, EE. UU) y 92.1 % y 100% para prueba AP (fosfatasa ácida) (Van Dam, Schoon, Wierda, Heeringa y Aalders, 2019).

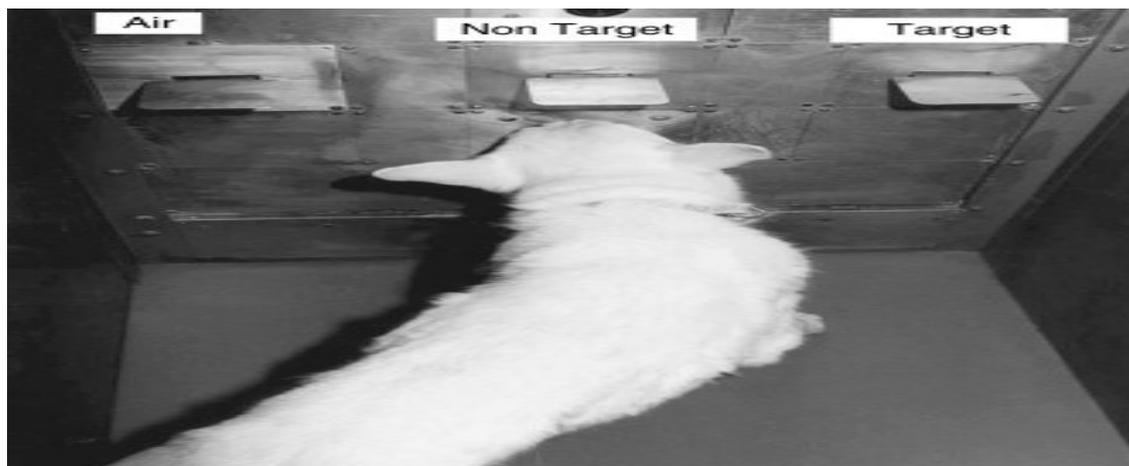
Se concluye que los perros de detección de olores son una herramienta valiosa para la detección de semen en momento en los que las otras pruebas de detección fallen y que los perros de detección de escena del crimen pueden integrarse fácilmente en el flujo de trabajo forense actual (Van Dam et al., 2019).

#### *6.5.3.7 Detección de explosivos*

Oxley y Waggoner (2009) basados en pruebas nacionales de reconocimiento de olores en Estados Unidos, indican que el perro debe reconocer seis tipos de explosivos en cantidades de 100g, que incluyen: polvo negro, polvo sin humo de doble base, dinamita, PETN, RDX y TNT. Se concluye que se puede reconocer la sustancia deseada basados en tres criterios: el explosivo mismo, un contaminante o un componente menor del explosivo común a la mayoría de los lotes de ese explosivo y un producto de descomposición de ese explosivo.

El estudio se basó en el diseño de una cámara de prueba olfatoria para explorar las reacciones de los perros a diversas concentraciones de vapor de compuestos químicos en el aire. Dentro de la cámara se encontraron tres paletas para elección del perro, en la primera salía aire fresco, en la segunda un no objetivo (olor diferente al objetivo) en la tercera el objetivo, dando como resultado solo dos opciones de respuesta: compuesto objetivo "presente" o "ausente" (*Figura V*). Las pruebas controladas en la cámara de olfato mostraron que la mayoría de los perros respondieron principalmente al olor de 2,4-dinitrotolueno como la molécula característica de TNT dado que es la más abundante entre las moléculas y en su mayoría ignoran los otros compuestos

que la componen (Oxley y Waggoner, 2009).



*Figura V. Oxley y Waggoner (2009) Diseño de una cámara de prueba olfatoria.*

En el Instituto de investigación de detección canina (CDRI), de la Universidad de Auburn, Alabama EE.UU. Se llevó a cabo un estudio, el cual consistió en el entrenamiento de un grupo de 21 perros (de 18 meses a 3 años) para la detección de tres olores específicos de material explosivo (2,4,6-trinitrotolueno (TNT), explosivo plástico no etiquetado 4 (PE4) y nitrato de amonio (AN)). Este grupo de caninos se dividió en tres grupos de la siguiente manera: Grupo “0T” (objetivo cero) el cual no estuvo expuesto a ningún objetivo en el entorno de trabajo. El Grupo “1T” (un objetivo) fué expuesto y recompensado en el ambiente de trabajo; y el Grupo “3T” (tres objetivos) fueron expuestos y recompensados en los tres objetivos de contrabando en el lugar de trabajo. Además, se introdujeron entre cinco y diez olores interferentes (materiales no explosivos) adicionales cada semana en todas las fases experimentales con el fin de que los perros discriminaran estas sustancias y no aprendieran a indicar estos olores novedosos (Porriett et al., 2015).

La tasa de detección media (MR) durante las pruebas fue de un 44% de los 3 grupos, en los cuales no hubo una referencia significativa (0T 45%, 1T 41%, 3T 47%). Esto nos indica unos

resultados poco prometedores en dicho estudio que probablemente concuerda con el poco tiempo de entrenamiento y adiestramiento del personal encargado de los caninos (Porritt et al., 2015).

Lazarowski y Dorman (2014) llevaron a cabo una investigación, en la que por medio del entrenamiento de 20 perros de raza Labrador Retriever, adquiridos directamente de una empresa de perros de trabajo militar en Estados Unidos (K2 Solutions, Southern Pines, NC, EE. UU), se buscaba identificar la eficiencia de estos perros identificando sustancias explosivas a base de Clorato de Potasio o en combinación con otras sustancias (cera, vaselina y combustibles como el diesel) que pueden interferir en la percepción de olor y así alterar la identificación de explosivos. Teniendo en cuenta que los explosivos en condiciones de campo están compuestos por diferentes sustancias en comparación a los utilizados en entrenamiento, se evaluó la manera en que los perros posterior al entrenamiento de detección de Clorato de Potasio podrían identificar la presencia de explosivos mezclados con otra sustancia, revelando de este modo que el 87% de los perros que fueron entrenados para detectar el Clorato de Potasio, no pudieron detectarlo cuando se encontraba combinado con otra sustancia.

#### ***6.5.3.8 Detección de Covid-19***

El Covid-19 representa un gran problema para la salud de las personas, lo cual ha originado la más reciente pandemia en el año 2019, siendo declarada por la OMS (Organización Mundial de la Salud) como una emergencia de salud pública de interés internacional (Trilla, 2020). En cuanto al diagnóstico de la enfermedad se ha generado grandes problemas, en los que se refleja una alta tasa de falsos negativos en la prueba de ensayo de reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa en tiempo real (RT-PCR), siendo esta la prueba utilizada a nivel mundial para la detección del Covid-19, colocando en riesgo de esta manera a la población, ya que una persona

que arrojó un resultado negativo en la prueba, pero realmente es positiva (falso negativo) aumenta el riesgo de transmisión de persona a persona (Li et al., 2020). Es por esto, que una alternativa y teniendo en cuenta el uso del olfato canino en diferentes labores, se busca implementar la detección del Covid-19 con el uso de caninos, aclarando que los perros no representan un riesgo de transmisión para las personas (Grandjean et al., 2020).

Grandjean et al. (2020) llevaron a cabo un estudio en tres lugares diferentes (París-Francia, Ajaccio-Francia, y Beirut-Líbano) con 18 perros (en su mayoría Pastores Belga Malinois) para determinar si el sudor de las personas con Covid-19 (Virus del SARS-CoV-2) tenían un olor diferente a las personas negativas por este virus y además determinar si los perros podían identificarlo.

Las muestras que se tomaron de las personas positivas del virus ya mencionado, fueron el sudor de las axilas, debido a que el sudor no parece ser una ruta de excreción para el virus SARS-CoV-2. Los pacientes que fueron excluidos del protocolo de este estudio fueron los pacientes que habían recibido algún tratamiento médico durante más de 36 horas (al fin de evitar posibles interferencias con tratamientos médicos a largo plazo). En total fueron 198 muestras (101 muestras positivas, 97 muestras negativas), las muestras positivas se obtuvieron con la protección de seguridad respectiva para Covid-19, además no se usó una muestra para el entrenamiento del perro antes de las 24 horas post- toma de muestra del sudor, ya que el virus SARS-CoV-2 no sobrevive más de unas pocas horas con algodón y gasa desechable (materiales utilizados para la toma de muestras) (Grandjean et al.,2020).

Los 18 perros de este estudio habían participado anteriormente en 3 tipos de trabajos de detección: (perros detectores de explosivos, rescate y detectores de cáncer de colon) no se decidió

trabajar con perros de detección de drogas ya que existía la posibilidad de que personas positivas o negativas por Covid-19 usarán sustancias ilícitas y alterarán el proceso (Grandjean et al., 2020).

Los perros de este estudio fueron entrenados para trabajar en una línea de portadores de muestras, y se les enseña a los perros a sentarse frente al cono que contiene la muestra positiva (*Figura VI*) y posteriormente se les premia con un juguete por cada detección correcta. (Grandjean et al., 2020).



*Figura VI. Grandjean et al. (2020)* Perro del estudio detectando muestras positivas para Covid-19.

Los resultados para este estudio fueron prometedores ya que el 90.2% de los perros participantes detectaron correctamente las muestras positivas para el virus del SARS-Cov-2 (Covid-19). Lo que se puede concluir de que existe una evidencia muy alta de que el olor a sudor de las axilas de las personas positivas de Covid-19 es diferente y que los perros muy bien entrenados previamente pueden detectar una persona infectada por dicho virus. Cabe resaltar que se necesitan más estudios con los mismos perros de este estudio para determinar la sensibilidad y especificidad del diagnóstico para estas pruebas (Grandjean et al., 2020).

#### 6.5.4 Detección de celos bovinos con ayuda de caninos

En el año 1978 Kiddy, Mitchell, Bolt y Hawk, entrenaron 4 perros Pastores Alemanes y 2 Labrador Retriever con experiencia en detección de explosivos para que pudieran localizar y responder a muestras de vacas en celo. Los perros en las distintas pruebas de detección promediaron una respuesta de 80.9% en detección correcta de muestras de estro, los resultados indicaron que hay un olor específico que está asociado con el estro en las vacas y que los perros especialmente entrenados pueden detectar el olor.

Kiddy, Mitchell y Hawk (1984) en su estudio titulado “*Estrus-Related Odors in Body Fluids of Dairy Cows*” creó un experimento con el que se buscó encontrar resultados que indican; que olores se asocian al estro y se pueden localizar en los fluidos del ganado y de esta manera ser localizados por perros entrenados. El estudio se basó en diferentes experimentos con base a 6 muestras: 1) hisopos de la vulva y el vestíbulo vaginal 2) fluidos de las profundidades de la vagina 3) orinal natural 4) orina obtenida de la vejiga por catéter 5) leche y 6) plasma sanguíneo, la prueba se basó en pasear en línea recta a los caninos en frente de 7 botellas de muestra (2 de vacas en estro, 2 vacas en fase lútea, 1 hisopo vaginal de vaca en estro y 2 botellas con muestra blanco), la respuesta se promedió en 97, 86, 96, 97, 99 y 94% para los 6 fluidos enumerados los cuales indican que los olores asociados con el estro se extienden por los fluidos corporales de la vaca.

Como objetivo del estudio realizado por Fischer et al. (2018) titulado “*Validation of Bovine Oestrous-Specific Synthetic Molecules with Trained Scents*.” se propuso determinar si los perros entrenados con moléculas sintéticas pueden identificar muestras de fluidos vaginales mediante muestras que son obtenidas de vacas lecheras en celo, los cuales comprenden una variedad de olores específicos en el estro; de esta manera se busca determinar qué aroma es más fácil de percibir por parte de los caninos para detectar celos en vacas lecheras. En este estudio se

generó la toma de muestras de distintas moléculas, las cuales se cree que al ser inhaladas solas o en diferentes combinaciones por un toro este reduce su tiempo de reacción y de eyaculación y por ende se sospecha que tales moléculas forman parte del olor del celo y están incluidas en la comunicación sexual de los bovinos.

En el estudio se incluyeron un total de 10 perros de diferente raza, sexo y edad. Todos los perros tenían experiencia básica en el trabajo con olores, es decir, estaban familiarizados con el equipo de entrenamiento y habían aprendido una tarea de olores. Todos los perros estaban sanos y castrados. Se recolectaron muestras de fluidos vaginales en hisopos de 150 vacas lecheras Holstein de una granja comercial de la región, los hisopos se dejaron mojar de líquido vaginal durante 10 segundos antes de retirarlo para posteriormente guardar las muestras en frascos esterilizados. Se usó una combinación de tres moléculas específicas de celo las cuales fueron: Escualeno, 1,2-dicloroetileno y 2-butanona. Las soluciones se almacenaron durante 3 meses a 25°C hasta el final de la prueba. Inmediatamente antes del entrenamiento del perro y la prueba de reconocimiento, se rociaron 1 ml de soluciones en hisopos de algodón estéril. Cada perro realizó la prueba de búsqueda 25 veces. Cada búsqueda incluyó la identificación de una muestra positiva de cuatro muestras, lo que dio como resultado un total de 100 muestras para cada sustrato (Fischer et al., 2018).

De este trabajo se llevaron a cabo dos análisis principales:

- La capacidad de los perros entrenados para detectar las moléculas sintéticas comparado con la de los perros entrenados para detectar el líquido natural del celo.
- La capacidad de los perros para identificar el tipo de olor con el cual se habían entrenado comparándolo con la identificación del olor con el cual no se había entrenado, lo que traduce una detección de moléculas sintéticas frente a la detección de olores naturales del celo.

Los resultados mostraron que nueve perros completaron con éxito los procedimientos de entrenamiento y prueba. Los perros entrenados con fluidos naturales identificaron el fluido natural significativamente mejor que las muestras con moléculas sintéticas (69.0% VS 37.6%) y los perros entrenados con moléculas sintéticas identificaron esas moléculas significativamente mejor que el fluido natural del celo (82.4% VS 50.0%). Los perros que habían aprendido a identificar moléculas sintéticas con alta precisión identificaron el olor del celo en un fluido natural con una precisión de solo 37.6%. Solo un perro de cada 5 estaba por debajo del umbral del 25%, esta observación muestra que los perros entrenados con las moléculas sintéticas pueden identificar el olor específico de las muestras naturales de vacas lecheras, pero la precisión fue baja. La variedad de otros olores en las muestras de fluidos naturales puede haber distraído a los perros, por lo tanto, en caso de implementar moléculas sintéticas como una sustancia de entrenamiento será necesario adaptar el perro de entrenamiento a la variedad de olor en muestras naturales. Entre las tres moléculas sintéticas, sólo una, la 2-butanona, ha sido identificada en el moco vaginal, mientras que las otras dos son conocidas como específicas para la orina; las moléculas identificadas en el fluido vaginal podrían mejorar los resultados del entrenamiento. Los resultados de la investigación muestran una alta tasa de indicaciones falsas positivas por lo que un aerosol con solo tres moléculas probablemente difiere considerablemente del olor natural del celo. El autor sugiere realizar un estudio más exacto para identificar las moléculas que actúan en el estro de la vaca para probar un aerosol que contenga un perfil más complejo y más cercano al olor natural (Fischer et al., 2018).

Fischer, Wetterholm, Tenhagen y Heuwieser (2011) en el artículo "*Training dogs on a scent platform for oestrus detection in cows*" describe un estudio en el cual se utilizaron 7 perros de propiedades privadas sin ningún tipo de educación especial en detección de olores; se tomaron muestras de fluido vaginal y de orina de 48 vacas en celo, cinco perros participaron en las sesiones

de entrenamiento regularmente, dos perros perdieron el entrenamiento regular por razones de salud. Los datos se empezaron a tomar cuando comenzó el entrenamiento de discriminación, en total se utilizaron 15 ensayos de entrenamiento con 105 muestras de fluidos vaginales de 12 vacas diferentes, en cuatro ensayos de entrenamiento. Los cinco perros mostraron una mejoría notable en la capacidad de indicar correctamente el frasco objetivo con la muestra de celo indicando un 83% de muestras correctas dando como resultado de que es posible dar un entrenamiento a perros sin experiencia para detectar celos en vacas lecheras.

En la investigación de Fischer et al. (2013) titulada “*Short communication: Ability of dogs to detect cows in estrus from sniffing saliva samples*” se entrenaron 13 perros los cuales 5 no tenían experiencia en detección de olores, mientras que los otros 8 habían sido entrenados anteriormente para la detección de narcóticos o de cáncer. En el estudio los perros tenían que detectar una muestra positiva de 4 muestras, el entrenamiento del perro se basó en el refuerzo positivo y los perros fueron recompensados con un clicker y alimentos por indicar correctamente las muestras de saliva de las vacas en celo. Los perros fueron capacitados durante 1 y 5 días. El porcentaje de indicaciones positivas fue de 57.6% siendo este un buen indicio de que los perros son capaces de detectar el olor del estro mediante la saliva de las vacas.

Johnen, Heuwieser y Fischer (2015) en su estudio “*How to train a dog to detect cows in heat- training and success*” plantearon el objetivo para descubrir si sería capaz de entrenar perros que podrían usarse para la detección de celo o estro en condiciones prácticas en una granja lechera. Para esto utilizaron 6 perros (4 hembras, 2 machos) de diversas razas, pero con educación básica de obediencia. 4 de los 6 perros habían participado previamente en un estudio sobre detección de celo o estro en vacas por olor en laboratorio (Fischer y col, 2015). Sólo 4 de los 6 perros completaron el entrenamiento y participaron en la prueba previa y final; debido a que el perro 4

fue excluido del entrenamiento porque mostraba signos severos de angustia e incomodidad en presencia de las vacas se negó a acercarse a las vacas a menos de 2 metros y no terminó la fase de adaptación. Mientras que el perro 6 fue excluido debido a una confiabilidad insuficiente, probablemente debido a la alta distracción por los ruidos ambientales. La capacitación se realizó durante un periodo de 15 meses con dos días de capacitación por semana. En general, los cuatro perros identificaron correctamente las vacas positivas (en celo o estro) como positivas en 23 de 32 casos (es decir, sensibilidad del 71.9%) y clasificaron falsamente las vacas positivas (en celo o estro) como negativa en nueve casos (28.1% de errores tipo II). De 128 casos, 119 se clasificaron correctamente como vacas negativas verdaderas (es decir, especificidad del 93.0%) y en nueve casos las vacas negativas se identificaron falsamente como vacas positivas (7.0% de errores tipo I)

## 7. Resultados y discusión

### 7.1 Determinación de las ventajas y desventajas de los métodos diagnósticos más empleados en la detección de los celos bovinos

Se determinó que los métodos más relevantes y utilizados para la detección del celo bovino son los siguientes: detección visual, toros celadores, detectores o parches, pintura en la base de la cola y podómetros. Las características ventajas y desventajas se pueden ver en la Tabla 1.

*Tabla 1 Comparación entre los principales métodos diagnósticos aplicados en la detección del celo.*

<b>Método</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Detección Visual</b>	Detección de celo con ayuda visual, basada en 3 componentes: Tiempo de observación, experiencia del observador para detectar los signos, y capacidad de la vaca para expresar los signos (Pueyo, 2017).	-Método fácil de usar (Sepúlveda y Rodero, 2002). -Sensibilidad del 77% (Nelson et al. 2017).	-Errores en la detección por la baja expresión de los signos característicos del celo (Catalano y Callejas, 2001). -En ocasiones el observador no tiene el tiempo y la experiencia adecuada para detectar los celos (Strappini et al., 2015).
<b>Toros celadores</b>	-Uso de toros que generalmente son intervenidos quirúrgicamente para hacer una desviación del pene (Arieta et al., 2015). -Estos toros también pueden ser equipados con un marcador en el mentón, dejando una marca en la vaca que se ha dejado montar (Vallerga et al., 2016).	-Útil para identificar si las vacas están entrando en celo o están en celo con una efectividad de hasta el 90% (Arieta et al., 2015)	-Se pueden presentar inconvenientes relacionados con la recuperación postoperatoria de los toros sometidos a intervención quirúrgica (Arieta et al., 2015) -El uso de toros puede provocar que las hembras disminuyan sus signos de expresión del celo (Pueyo, 2017) -En algunos casos los toros solo montan una o dos hembras, sin tener en cuenta al resto (Pueyo, 2017).
<b>Detectores o parches</b>	Son fijados a la base de la cola de la vaca. La presión que se genera en la monta lleva al cambio de color (Vallerga et al., 2016).	-Observando una sola vez al día se puede concluir si la vaca fue montada o no (Vallerga et al., 2016). -Resultados de hasta el 94% de sensibilidad (Pérez et al., 2009)	-Dificultad en ocasiones de mantener los detectores fijados en la base de la cola (Vallerga et al., 2016). -Puede arrojar resultados (falsos positivos) en lugares que tienen rascadores automáticos (Pueyo, 2017)
<b>Pintura en la base de la cola</b>	Se aplica pintura o tiza en la base de la cola de las vacas. Al ser montadas (signo característico del celo bovino) esta pintura se borra parcialmente o totalmente (Vallerga et al., 2016).	-Método sencillo de manejar, se observa si la vaca ha perdido la pintura (Vallerga et al., 2016).	-La pintura se puede eliminar con facilidad por los cepillos automáticos (Pueyo, 2017).

			-Las condiciones climáticas pueden jugar un papel desfavorable, pues con la lluvia se cae la pintura (Pueyo, 2017). - Pérez et al. (2009) Mediante un estudio comparativo con otros 3 métodos de detección, concluyeron que este (pintura en la base de la cola) fue el que tuvo menor grado de efectividad con tan sólo un 14%.
<b>Podómetros</b>	-Dispositivos para monitorear el comportamiento -Se amarra con una cinta al cuello o patas del animal registrando los pasos dados por el animal (Reinoso, 2017).	-No es necesaria la constante observación del animal (Reinoso, 2017), tiene un 51 y 87% de efectividad (Roelofs et al., 2005)	-En vacas amarradas o estabuladas, no se puede determinar el aumento de actividad. -Falsos negativos por menor lectura del dispositivo (Pueyo, 2017).
<b>Androgenización de hembras</b>	-Se utilizan hormonas masculinas en hembras para así aumentar su “agresividad sexual” (Ortiz; S. y Ávila; K. 2020).		-No hay estudios científicos con los que se pueda valorar la efectividad de este método
<b>Programas con software</b>	-Son métodos que requieren un programa especial con el cual se busca una recopilación de información para el ganadero (Ortiz; S. y Ávila; K. 2020).	-Informa cual vaca entro en celo y a qué hora (Ortiz; S. y Ávila; K. 2020).	-Es costoso

Este objetivo tuvo como propósito identificar y describir aquellos métodos diagnósticos para la detección de celo en bovinos con más relevancia en Colombia y así determinar la efectividad. Actualmente hay métodos para la detección de celos bovinos que tienen un alto porcentaje de eficiencia de hasta el 90%, pero lo que sería ideal sería encontrar un método en el que la eficiencia esté aún más cerca al 100%.

La detección visual del estro en vacas es un método bastante utilizado por las fincas ganaderas, este consume tiempo y requiere experiencia por parte del observador (Pueyo, 2017). Autores como Bruyére et al. (2012) y Brunassi et al. (2010) reportan una baja tasa de detección 68.6% y 56% respectivamente y una sensibilidad del 77%. En el trabajo realizado por Nelson et al. (2017) estos porcentajes nos muestran la baja capacidad de detección de celos mediante el modo

visual y también nos sugiere como la implementación de otros métodos para mejorar la eficiencia como el uso de cámaras que al combinarla con el método visual se obtiene hasta un 88.6% de tasa de detección de calor.

Pérez et al. (2009) mediante su estudio comparativo entre cuatro distintos métodos de detección de celo (creyones marcadores (pintura en la base de la cola), observación visual, Kamar®, y Estrotect®) pudieron probar la efectividad de cada uno y determinar que el de menor efectividad con un 14% fueron los creyones marcadores (pintura en la base de la cola), y el de mayor efectividad fue la observación visual con un 96%, mientras que los resultados de efectividad del Kamar® y el Estrotect® fueron realmente buenos con una eficacia del 84% y 94% respectivamente.

La aplicación de los parches detectores de monta ha sido una herramienta, la cual, utilizándose de manera excelente, puede generar buenos resultados que alcanzan hasta un 94% en el dispositivo Estrotect® y 84% con el dispositivo Kamar® (Pérez et al., 2009), pero así mismo esta herramienta puede generar dificultades, ya que se puede caer el dispositivo o generar falsos positivos en industrias donde se cuenta con rascadores automáticos (Pueyo, 2017).

El uso de podómetros como método diagnóstico para la detección de celo es posible, así lo demostró Roelofs et al. (2005), su estudio arrojó resultados del 51 y 87% de efectividad, estos datos ayudan en el aumento de la tasa de fertilización en hatos ganaderos ya que es más sencillo poder determinar cuando la vaca entra en calor; su uso relativamente sencillo requiere poco tiempo para interpretar los resultados de un hato pero también se comparten algunas desventajas como que la vaca no pueda caminar ya sea porque están amarradas, presentan cojeras o en que estén en producciones lecheras donde se les tenga confinadas en un espacio determinado (Pueyo, 2017).

## 7.2 Evaluación de las diferentes formas en que los perros mediante el uso del olfato

### detectan y/o discriminan diferentes sustancias

Se encontró información bastante amplia referente al tema de detección de olores con ayuda de caninos de los cuales podemos destacar trabajos en: detección de cáncer, detección de animales silvestres, identificación de diversos microorganismos, detección de sustancias alucinógenas, detección de personas mediante fluidos corporales, detección de explosivos y se hallaron otras investigaciones innovadoras como, detección de corrosión en plantas de gas y petróleo y detección de Covid-19 con ayuda de caninos los cuales muestran resultados favorables que se suman a nuestra investigación, reflejando las características, ventajas y desventajas de distintas investigaciones las cuales se observan en la tabla 2.

*Tabla II Uso del olfato canino en diferentes labores.*

<b>Método</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Detección de cáncer</b>	Detección de diferentes tipos de cáncer mediante diferentes muestras de olor como el aliento, la orina, tejidos cancerosos (Pirrone y Albertini, 2017) la respiración o el sudor del paciente (Velásquez, 2005).	En el estudio realizado por (Velásquez, 2005) los caninos fueron capaces de discriminar sustancias derivadas de los formaldehidos y del benceno los cuales se cree son moléculas características de personas con cáncer.	De los perros entrenados para la detección de cáncer por medio del olfato, el 59% de ellos no logra identificarlo (Velásquez, 2005).
<b>Detección de animales silvestres</b>	Entrenamiento de perros para encontrar esencias y aromas característicos de diferentes animales silvestres (Browne et al. 2015; Paula et al. 2011; Vynne et al. 2010; Statham et al., 2019).	Se reporta una efectividad de 86.7% a un 97.8% en el trabajo de olores de animales silvestres (Browne et al., 2015). Se observa que es efectiva la identificación de animales silvestres mediante el reconocimiento de heces (Browne et al. 2015; Vynne et al 2010; Statham et al., 2019). Mejor precisión de los perros en comparación a las personas para identificar cadáveres de aves (Paula et al., 2011).	Tuatara y Geckos son más activos durante el verano; por lo tanto, la detección se podría complicar cuando hay un largo periodo de invierno (Browne et al., 2015).
<b>Identificación de diversos microorganismos</b>	Identificación de esta bacteria Gram positiva para diferenciarlo de otros patógenos que causan mastitis (Fisher et al., 2018).	La sensibilidad y especificidad para la identificación de <i>Staphylococcus aureus</i> es de 91.3% y 97.9% en placas de Agar (Fischer y col, 2018), 100% y 94% para <i>Clostridium difficile</i> (Boomers et al.,	El 44% de los perros que realizaron el estudio sufrieron cierto grado de aumento de estrés, por lo tanto fueron descartados

	Reconocimiento de distintos microorganismos en distintas superficies y materiales (Davies et al. 2019; Boomers et al., 2012)	2012) y 86.5% y 84.1% en <i>Pseudomona aeruginosa</i> (Davies et al., 2019) concluyendo que se puede utilizar el perro como un método diagnóstico para encontrar distintos microorganismos.	del experimento (Fischer et al., 2018).
<b>Identificación de corrosión en plantas de gas y petróleo</b>	Entrenar a los perros para la detección de corrosión en los filtros de las tuberías aisladas (Schoon et al., 2014).	Los perros que tuvieron éxito en la prueba tuvieron una sensibilidad del 92% y una selectividad del 93% (Schoon et al., 2014).	A pesar de un mismo entrenamiento, hay una alta variabilidad en la discriminación de diferentes componentes corrosivos detectados en el estudio (Schoon et al., 2014).
<b>Detección de sustancias alucinógenas.</b>	En el estudio de Tadeusz et al. (2014) los perros después de un debido adiestramiento, pueden tener la capacidad de identificar diferentes sustancias como: Marihuana, hachís, anfetamina, cocaína y heroína. Se requiere poco tiempo de entrenamiento (Torres, 2012; Shellman et al., 2019)	Los perros indicaron correctamente las drogas en el 70- 91% de los casos. Los pastores alemanes demostraron ser los mejores detectores en términos de indicaciones impecables (Tadeusz et al., 2014). El costo de sostenimiento del perro en comparación a un empleado de seguridad es menos costoso para el perro (Torres, 2012).	Los perros en ocasiones hicieron alertas falsas, colocando en duda su uso en la identificación de drogas, se correlacionó con el ineficaz adiestramiento (Tadeusz et al., 2014).
<b>Detección de personas mediante fluidos corporales</b>	Entrenamiento intensivo de perros, para diferentes tipos de búsqueda de cuerpos humanos (Weakley y Rebmann, 2016)	El proceso de capacitación de los caninos es relativamente corto, ya que va desde algunas semanas hasta menos de un año (Weakley y Rebmann, 2016) Éxito en las detecciones de personas de hasta un 82% (Curran y col, 2010) incluso se reporta una sensibilidad de detección en fluidos como el semen (Van Dam et al., 2019).	No sólo se entrena al canino si no también hay un proceso de entrenamiento del guía encargado (Weakley y Rebmann, 2016)
<b>Detección de explosivos</b>	Determinar si el entrenamiento de una raza específica de perro (Labrador retriever) detectaba el aroma del clorato de potasio (CP) que es un precursor químico de un determinado explosivo (Lazarowski y Dorman, 2014).	Al hacer distintas mezclas de sustancias explosivas derivadas del (PC) los caninos detectaban mejor esas sustancias que el entrenamiento de (PC) sólo (Lazarowski y Dorman, 2014). Oxley y Waggoner (2009) crearon un mecanismo con el que se busca sea más fácil el entrenamiento de los perros para la detección de explosivos.	El 87% de los perros entrenados únicamente con (PC) no señalaban correctamente la presencia de una o más de cuatro mezclas explosivas basadas en (PC) (Lazarowski y Dorman, 2014). la tasa de detección de las pruebas realizadas por Porriett et al. (2015) mostró que sólo 44% de perros entrenados pudo encontrar el olor deseado.

<b>Detección de (Covid-19)</b>	Grandjean et al. (2020) llevaron a cabo un estudio para la identificación del virus SARS-CoV-2 (Covid-19) mediante el uso de caninos.	El 90.2% de los perros participantes detectaron correctamente las muestras positivas para el virus SARS-CoV-2 (Covid-19) Grandjean et al. (2020).	En este estudio no hubo desventajas significativas, aunque cabe resaltar, que se necesitan estudios posteriores (Grandjean et al., 2020)
--------------------------------	---	---	--

Posterior a una búsqueda sistemática de artículos científicos sobre los trabajos de detección de diversas sustancias con ayuda del olfato canino, pudimos analizar 26 artículos que aportaron información objetiva e imprescindible de acuerdo al segundo objetivo planteado (Evaluar las diferentes formas en que los perros mediante el uso del olfato detectan y/o discriminan diferentes sustancias) los cuales explican su metodología y resultados; estos 26 artículos fueron clasificados en 8 tipos de detección de olores: Detección de cáncer, detección de animales silvestres, identificación de diversos microorganismos, detección de corrosión en plantas de gas y petróleo, detección de sustancias alucinógenas, detección de personas mediante fluidos corporales, detección de explosivos, detección de Covid-19.

De acuerdo a Pirrone y Albertini (2017) mencionan que los caninos tienen la capacidad de detectar el cáncer mediante muestras tomadas en orina y tejidos de pacientes con distintos tipos de cáncer como los son: Melanoma maligno (Murarka et al., 2019), cáncer de vejiga, cáncer de mama, cáncer de pulmón (Velásquez, 2005) y cáncer de próstata (Cornu et al., 2011). Sin embargo, el éxito de la detección se puede diferir ya que el cáncer de vejiga mostró unos resultados de detección de 41% (Velásquez, 2005) mientras las detecciones de cáncer de próstata demostraron mejores resultados de detección de hasta el 91% (Cornu et al., 2011).

Teniendo en cuenta el uso del olfato canino se pueden utilizar como una herramienta en la conservación de animales silvestres (Browne et al., 2015) como lo son: el lobo de crin (*Chrysocyon*

*brachyurus*), jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*) y armadillo gigante (*Priodontes maximus*) (Vynne et al., 2010), leopardo nariz de roma (*Gambelia sila*) (Statham y col, 2019), aves, murciélagos (Paula et al., 2011) y reptiles (*Tautara* y *Gecko*) (Browne et al., 2015). Dicha aplicación del olfato canino en la búsqueda de animales silvestres demostró buenos resultados de detección de un hasta el 96% , después de arduos entrenamientos, que se realizan de manera similar a los perros de búsqueda de narcóticos y perros de rescate (Paula et al., 2011), con este éxito en la detección de animales se deja evidenciado que los perros pueden prepararse para trabajar en esta rama, y porque no continuar evaluando la implementación del trabajo con caninos en otras labores aún sin experimentar.

Otra de las labores en las que hay evidencia de la aplicación de hallazgos con el olfato canino, fue en la identificación de distintos microorganismos como: *Staphylococcus aureus* (Fisher et al., 2018), *Clostridium difficile* (Boomers et al., 2012), *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Moraxella catarrhalis* (Davies et al., 2019) *Streptomices sp*, *Antrodia sinunosa*, *Serpula lacrymans* y *Coniophora puteana* (Kauhanen et al., 2002), en los que se puede evidenciar que los perros no solo tienen la capacidad de detectar distintos agentes, sino que adicional a esto lo pueden hacer en distintas superficies, materiales o fluidos, pero en los que puede diferir los resultados de detección: leche 98% de eficacia en la detección (Fisher y col, 2018), heces 100% (Boomers et al., 2012) e incluso en madera 75% (Kauhanen et al., 2012).

El trabajo que realizó Shoon et al. en el año 2014 demostró que el entrenamiento de perros como detectores remotos de sustancias resuelve el contratiempo de la localización de corrosión que se encuentra en las plantas de gas y petróleo las cuales estaban solventando el problema con la detección visual de personal capacitado que no era muy efectivo. El efecto del estudio fue favorable, los resultados de las pruebas doble ciego arrojaron una sensibilidad del 92% y

especificidad del 93% respectivamente concluyendo que el sistema de ubicación de corrosión con la ayuda del olfato canino proporciona información primordial para el mantenimiento de las plantas gas y petróleo con el fin de disminuir el tiempo de ubicación y el costo que requiere la localización visual; al ser un estudio innovador que comprueba la eficacia del olfato canino se espera implementar este método en otros estudios novedosos como el de Grandjean et al. (2020) con el que esperan diagnosticar Covid-19 mediante muestras de sudor de las axilas.

La efectividad de la detección de drogas por parte de los perros, está estrechamente ligada a su raza, tipo de droga y el entorno en que se realiza la búsqueda (Tadeusz et al., 2014). Por ende, las razas que se recomiendan para este tipo de trabajo son: Pastor Belga Malinois, Labrador, Pastor Alemán, Pastor Holandés, Golden retriever (Torres, 2012). De este modo hay sustancias que tienen un mayor grado de complejidad a la hora de la búsqueda por parte de los caninos como lo es la heroína, y sustancias más sensibles al olfato caninos como la marihuana. (Tadeusz et al., 2014).

Para la detección de estas sustancias, los perros obtuvieron un resultado de entre el 70 - 90 % de efectividad (Tadeusz et al., 2014) lo cual son unos resultados prometedores para futuros estudios y para la aplicación de estos.

Vyplelová et al. (2014) mediante un estudio comprobaron que el olfato canino detectó en un 100% el olor de una muestra representativa de olor de una sustancia de la palma de la mano de siete sujetos masculinos, mientras que Curran et al. (2010) verificaron la capacidad de localizar e identificar el olor humano de los escombros posteriores a la explosión con un éxito promedio de un 82.2% en el sitio que se lleva a cabo. De igual forma, la policía holandesa creó un proyecto para evaluar el uso de perros detectores de olores para localizar manchas de semen durante la práctica forense, y los resultados fueron realmente prometedores debido a que obtuvieron un 100% tanto de sensibilidad como de especificidad para detectar manchas de semen en diferentes tipos de telas,

mientras que para la FLS (Fuente de luz forense) su sensibilidad y especificidad general son 76.3% y 100% respectivamente.

Como sabemos, los perros son utilizados para detección y ubicación de diferentes objetos o sustancias y para algunos organismos que se encargan de cumplir la ley, los perros se han convertido en tecnologías efectivas que se encuentran disponibles fácilmente y que pueden ser utilizadas para la ubicación de materiales explosivos. Autores como Oxley y Waggoner (2009) han cooperado con la creación de un dispositivo para que sea más fácil el adiestramiento de caninos en la discriminación de estas sustancias explosivas; los resultados bajos en los 96 estudios de Lazarowski y Dorman (2014) muestran que el 87% de perros entrenados no pudieron detectar clorato de potasio en conjunto a otras sustancias y por otra parte el estudio de Porriett et al. (2015) evidencia que la detección media de explosivos fue de 44%, estas estadísticas pueden mejorar con el aumento en el tiempo de entrenamiento y el adiestramiento eficaz de personal así como el uso de dispositivos como el de Oxley y Waggoner (2009).

Grandjean et al. (2020) han llevado a cabo un estudio el cual es realmente optimista debido a que pudieron detectar el virus de la reciente pandemia (Covid-19) mediante el uso del olfato canino. Los resultados de la detección del virus SARS-CoV-2 (Covid-19) por medio del olfato canino en el sudor de las axilas de los pacientes positivos para este virus fue del 90.2%. Lo que nos da una gran expectativa para una mayor recolección de muestras y probablemente mayores detecciones de este virus en zonas con las que no se cuentan con pruebas suficientes.

**7.3 Proponer como alternativa en la detección de celo bovino el uso del olfato canino y evaluar cómo puede tener un valor agregado en la tasa de fertilidad.**

La alternativa del uso del olfato canino en la detección del celo bovino, es un método poco conocido y prácticamente sin aplicación en el trabajo de campo, del cual se han venido realizando experimentos de este método desde el año 1978 en las que se intentaba en un principio que perros con experiencia en detección de explosivos lograran localizar muestras de vacas en celo, arrojando resultados del 80.9% de identificación, entendiéndose de esta manera que si hay un olor característico en las muestras de las vacas en celo (Kiddy et al., 1978), años más tarde se buscó analizar si los perros logran identificar olores asociados al celo bovino en fluidos (vaginales, orina, leche y plasma sanguíneo) con un buen resultado de detección del 94% (Kiddy et al., 1984) dejando de esta manera buenos indicios para el uso un nuevo método a implementar para la labor de la detección del celo bovino.

Recientemente, se han realizado nuevas investigaciones sobre la aplicación de los perros en la detección del celo bovino, demostrando resultados aproximados de detección del 69 % en fluidos vaginales de vacas en celo (Fischer et al., 2018), 71.9% en trabajo de campo directo con las vacas (Johnen et al., 2015), 57.6% en la saliva (Fisher et al., 2013) y 83% detectando las muestras de orina y fluidos vaginales de vacas en celo (Fisher et al., 2011).

Se puede destacar que los perros demuestran mejor capacidad de detección cuando fueron entrenados por fluidos naturales (69%) en comparación a los perros entrenados con moléculas sintéticas (37.6%), dejando claro que la única molécula sintética identificada en el moco vaginal es la 2-butanona, la cual podría mejorar los resultados de identificación en un próximo experimento (Fisher et al., 2018). Por consiguiente, se debe sugerir realizar nuevos experimentos acerca del uso de perros para la identificación del celo bovino, teniendo en cuenta que a pesar de ser un método novedoso no ha alcanzado resultados de efectividad cercanos al 100%, los cuales serían los ideales para mejorar las tasas de reproducción en la industria ganadera.

## **8. Propuesta y recomendaciones en la aplicación del uso del olfato canino en la detección del celo bovino**

En base al objetivo de la investigación que se ha llevado a cabo, se desea plantear la aplicación del olfato canino en la detección del celo bovino.

Con la información recolectada se puede evaluar la manera en que los perros con el uso de su olfato discriminan distintas sustancias, mostrando experiencia y gran capacidad de aprendizaje en la identificación de olores. Adicionalmente es de suma importancia tener en cuenta los métodos de detección del celo bovino en la actualidad, en los que se han reportado buenos resultados, pero aun así pueden ser ineficientes y presentar problemas en algunas ocasiones.

Teniendo en cuenta que el uso del olfato canino ha sido de gran utilidad en distintos campos y que la detección del celo bovino genera pérdidas económicas en la industria ganadera, se desea implementar la alternativa de detección del celo bovino, en la que los perros pueden servir como herramienta en la detección del celo bovino.

Para la detección del celo bovino por medio del olfato canino, se recomienda el uso y adiestramiento de perros de raza: pastor alemán, golden retriever, beagle (Flores y Carrera, 2015) o labrador retriever (Mendéz y Perez, 2009) por su gran capacidad de detección de olores que aportan buenos resultados posterior al entrenamiento. El entrenamiento para la identificación del celo bovino debe ser guiado por personal experto y preparado en el adiestramiento, la preparación del perro para el aprendizaje, debe ser guiada mediante el reconocimiento de fluidos vaginales naturales, ya que el uso de moléculas sintéticas (Escualeno, 1,2-dicloroetileno y 2-butanona) en el entrenamiento altera el reconocimiento de los fluidos naturales en campo con resultados aproximados de detección de 37% (Fischer et al., 2018), en comparación al entrenamiento con fluidos naturales donde se pueden encontrar resultados de detección aproximados de 72% en campo

(Johnen et al., 2015) y 83% en muestras de fluidos de vacas en celo. En los fluidos vaginales hay presencia de moléculas específicas como lo son: ácido acético y el ácido propiónico pertenecientes a los ácidos grasos, 1-yodo undecano perteneciente al grupo ácido (Sankar y Archunan, 2008).

Con la anterior información se propone realizar una investigación con fase experimental, en la cual se implemente un método alternativo y de apoyo a otros métodos diagnósticos para la localización de celo en bovinos, como lo es el uso del olfato canino para detección del celo bovino con el fin de analizar si realmente hay un aumento significativo en la tasa de reproducción de los hatos bovinos y así evaluar la viabilidad y el efecto que pueda llegar a tener el uso de los perros para detectar el celo en la industria ganadera y su valor agregado a los métodos diagnósticos. Adicionalmente se recomienda investigar que otras moléculas pueden estar presentes en el estro bovino y rectificar las ya estudiadas para facilitar el adiestramiento canino.

Se propone hacer un mejoramiento de la tasa de fertilidad en las fincas de ganado bovino sin tener que reemplazar los métodos diagnósticos utilizados en estas y así aumentar la tasa de fertilidad sin invertir gran cantidad de dinero. Lo que se busca es incorporar el uso de caninos detectores de sustancias a las fincas ganaderas, los cuales sean de razas especializadas en la detección de olores y que mediante un entrenamiento en identificación de sustancias específicas (fluidos vaginales de vacas en celo) el cual puede durar de 6 a 12 meses y mediante esfuerzos positivos hacer una incorporación del perro al ambiente del bovino para que mediante una señal específica nos señale cuáles vacas están en celo y sea un valor agregado a la efectividad de detección de celos.

## 9. Conclusiones

Se demuestra que los perros con su avanzado olfato canino son una excelente herramienta para la detección de olores en distintos campos de trabajo, se puede concluir que hay una relación directa entre el tiempo de entrenamiento VS eficacia en la detección de olores, con la que a menor tiempo de entrenamiento menor será la tasa de detección.

En la revisión bibliográfica, se informa que los métodos actuales de detección del celo bovino presentan buenos resultados, pero aun así en distintas industrias ganaderas se reporta baja tasa de reconocimiento del celo bovino. Algunos autores recomiendan el uso de múltiples métodos diagnósticos para que así sea mayor la tasa de identificación de celos y que así sean menores las pérdidas económicas.

El potencial uso del olfato canino es avalado en distintos trabajos, donde los perros con ayuda de su olfato y trabajando conjuntamente con el humano en sesiones de entrenamiento, han logrado ser una herramienta útil en distintas áreas, en las que se tiene ayuda del desarrollado olfato de estos animales, considerados el mejor amigo del hombre.

Algunos autores han investigado el tema de detección de celo bovino con ayuda de caninos desde hace ya varios años demostrando que es factible este procedimiento, pero estudios recientes muestran porcentajes aproximados del 72% de eficiencia, dejando en duda si realmente puede ser un método diagnóstico único que se pueda aplicar en campo.

## 10. Bibliografía

- Arieta, R., Rodríguez, N., Cano, M., Delfin, L., y Fernández, A. (2015). *Preparación de toros marcadores, utilizando la técnica modificada de desviación quirúrgica de pene*. *Abanico veterinario*. Obtenido: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-61322015000100035](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322015000100035).
- Boomers, M., Agtmael, M., Luik, H., Veen, M., Vandenbroucke, C., Smulders, Y. (2012). *Using a dog's superior olfactory sensitivity to identify Clostridium difficile in stools and patients: proof of principle study*. *The BMJ*, 345 (dec13 8), e7396 – e7396. *Holanda*. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.e7396>
- Browne, C., Stafford, K., y Fordham, R. (2015). *The detection and identification of tuatara and gecko scents by dogs*. *Journal of Veterinary Behavior*. doi: 10.1016/j.jveb.2015.08.002
- Brunassi, L., Moura, D., Nääs, I., Vale, M., Souza, S., Lima, K., Thayla, R., y Bueno, L. (2010). *Improving detection of dairy cow estrus using fuzzy logic*. *Scientia Agricola*, 67(5), 503-509. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000500002>
- Bruyère, P., Hétreau, T., Ponsart, C., Gatien, J., Buff, S., Disenhaus C., Giroud, O., y Guérin, P. (2012). *Can video cameras replace visual estrus detection in dairy cows?*. *Theriogenology*, 77(3), 525-530. doi: 10.1016/j.theriogenology.2011.08.027
- Castaño García, J., Díaz Restrepo, K., y Echeverry, J. (2016). *Comparación de dos protocolos de sincronización del celo en ganado lechero Jersey de la finca La Teresita en el municipio de Dosquebradas, Risaralda*. (U. T. Pereira, Ed.) Obtenido de <http://hdl.handle.net/11059/6926>

- Catalano, R., y Callejas, S. (2001). *Detección de celos en bovinos. Factores que la afectan y métodos de ayuda*. Revista de medicina veterinaria, 82. Obtenido de <http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/IntroduccionSistemasProductivos/images/Documento/2013/Verdeos%20de%20Invierno%20y%20Verano%20Zootecnia.pdf>
- Colazo, M., Mapletoft, R., Martinez, M., y Kastelic, J. (2007). *El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas*. Ciencia veterinaria, 9(1), 2-15. Obtenido de <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/revet/n09a02colazo.pdf>
- Cornu, J., Tassin, G., Ondet, V., Girardet, C., Cussenot, O. (2011). *Olfactory detection of prostate cancer by dogs sniffing urine: A step forward in early diagnosis*. European Urology, vol 59 número2 págs 183-316. Países Bajos. doi: 10.1016/j.eururo.2010.10.006.
- Curran, A., Prada, P., Furton, K., (2010). *Canine human scent identification with post blast debris collected from improvised explosive devices*. Forensic science international. Volumen 199, páginas 103- 108. Estados Unidos. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.03.021
- Davies, C., Alton, E., Simbo, A., Murphy, R., Seth, I., Williams, K., y Guest, C. (2019). *Training dogs to differentiate Pseudomonas aeruginosa from other cystic fibrosis bacterial pathogens: ¿not to be sniffed at?* European Respiratory Journal, 54(5). doi: 10.1183/13993003.00970-2019
- Dominguez Ortega, L., Diaz Gallego, E., Pozo, F., Cabrera Garcia, S., Serrano Comino, M., y Domínguez Sánchez, E. (2013). *Narcolepsia y olor: Resultados preliminares. SEMERGEN*. doi: 10.1016/j.semerg.2013.06.002

Fernández, I. (2007). *Etología canina. Protocolo de adiestramiento para perros utilizados.*

Repositorio Académico Institucional de la Universidad Nacional de Costa Rica. Obtenido de <https://www.repositorio.una.ac.cr/handle/11056/13005?show=full>

Ferreira Gonzalez, I., Urrutia, G., y Alonso, P. (2011). *Revisiones sistemáticas y meta análisis:*

*bases conceptuales e interpretación.* Revista española de cardiología, 64(8), 688-696.

doi:10.1016/j.recesp.2011.03.029

Fischer-Tenhagen, C., Johnen, D., Le Davinc, C., Gatien , J., Salvetti, P., Tenhagen, B., y

Heuwieser, W. (2014). *Validation of Bovine Oestrous-Specific Synthetic Molecules with*

*Trained Scent.* Reproduction in domestic animals, 50(1), 7-12. doi:10.1111/rda.12440

Fischer-Tenhagen, C., Tenhagen, B., y Heuwieser, W. (2013). *Short communication: Ability of*

*dogs to detect cows.* Journal of dairy science, 96(2), 1081-1084. doi: 10.3168/jds.2012-

5683

Fischer-Tenhagen, C., Theby, V., Krömker, V., y Heuwieser, W. (2018). *Detecting Staphylococcus*

*aureus in milk from dairy cows using sniffer dogs.* Journal of dairy science, 101(5), 4317-

4324. doi:10.3168/jds.2017-14100

Fischer-Tenhagen, C., Wetterholm, L., Tenhagen, B., y Heuwieser, W. (2011). *Training dogs on a*

*scent platform for oestrus detection in cows.* Applied Animal Behaviour Science, 131(1-2),

63-70. doi:10.1016/j.applanim.2011.01.006

Flores Rivadeneira, J. C., y Carrera Jativa, F. G. (2015). La eficacia del aprendizaje asociativo en

los perros vinculado a la detección de narcóticos en la provincia de Pichincha. *Repositorio*

*Digital Universidad San Francisco De Quito.* Obtenido de

<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4544>

- Gonzalez Vizcarra, V., Sierra Lira, E., Erales Villamil, J., y Puerto Nájera, J. (2011). Preparación de toros celadores mediante la resección del ligamento apical dorsal del pene. *Bioagrociencias*, 4(1), 45-47. Obtenido de <http://www.ccba.uady.mx/bioagro/V4N1/Articulo9.pdf>.
- Grandjean, D., Sarkis, R., Tourtier, JP., Lecocq, C., Benard, A., Vinciane, R... Desquilbet, L. (2020). Detection dogs as a help in the detection of COVID can the dog alert on COVID-19 positive persons by sniffing axillary sweat samples? proof of concept study. *BioRxiv*. Francia. doi.org/10.1101/2020.06.03.132134
- Guaqueta, H. (2009). CICLO ESTRAL: FISIOLÓGÍA BÁSICA Y ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA DETECCIÓN DE CELOS. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 56(3), 163-183. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639221003.pdf>
- Heres, L., Dieleman, S., y van Eerdenburg, F. (2000). Validation of a new method of visual oestrus detection on the farm. *Veterinary Quarterly*, 22(1), 50-55. doi:10.1080/01652176.2000.9695023
- Hopper, R. (2014). *Bovine Reproduction*. doi:10.1002 / 9781118833971.
- Jiménez; F. Urdaneta; M. Parra; A. (2009). *Evaluación de cuatro métodos de detección de celo en novillas doble propósito*. Redalyc-19.
- Johnen, D., Heuwieser, W., Fischer, C. (2015). How to train a dog to detect cows in heat - training and success. *Applied animal behaviour science*. Volumen 171, páginas 39-46. Alemania. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.08.019>

- Kauhanen, E., Harri, M., Nevalainen, A., y Nevalainen, T. (2002). Validity of detection of microbial growth in buildings by trained dogs. *Environment International*, 28(3), 153–157 Suecia. doi:10.1016/s0160-
- Kiddy, C., Mitchell, D., Bolt, D. y Hawk, H. (1978). Detection of estrus-related odors in cows by trained dogs. *Biology of Reproduction*, 19(2), 389-395. <https://doi.org/10.1095/biolreprod19.2.389>
- Kiddy, C., Mitchell, D. y Hawk, H. (1984). Estrus-related odors in body fluids of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 67(2), 388-391. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81313-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81313-2)
- Lamb, G., Smith, F., Perry, G., Atkins, J., Risley, Y., Busch, D., y Patterson, D. (2010). Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous Cycle. *Bovine Practitioner*, 44(1), 18-26. Obtenido de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143185733>
- Lazarowski, L., y Dorman, D. C. (2014). Explosives detection by military working dogs: Olfactory generalization from components to mixtures. *Applied Animal Behaviour Science*, 151, 84–93. doi:10.1016/j.applanim.2013.11.010
- Li, Y., Yao, L., Li, J., Chen, L., Song, Y., Cai, Z., y Yang, C. (2020) Stability issues of RTPCR testing of SARSCoV2 for hospitalized patients clinically diagnosed with COVID19. *Journal of medical virology*: 92: 903– 908 doi: 10.1002 / jmv.25786
- Lilido Ramírez, N. (2008). La bioestimulación femenina en el ganado bovino. *Mundo Pecuario*, 4(2), 80-86. Obtenido de

<http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/26521/articulo4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lopez Martinez, R. (2008). Zootecnia aplicada a la formación de un perro policía. *Repositorio Digital del Centro de Información y Documentación*. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2924>

López, H. (2010). Consideraciones fundamentales para la implementación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo. Obtenido de <http://www.absmexico.com.mx/docs/consider.pdf>

Lucy, M. C., McDougall, S., y Nation, D. (2004). The use of hormonal treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. *Animal reproduction science*, 495-512. doi:10.1016/j.anireprosci.2004.05.004

Méndez Pardo, L. F., y Pérez Acosta, A. (2009). Detección de explosivos con la ayuda de animales: una revisión de la literatura científica. *Logos Ciencia y Tecnología*, 1(1), 107-114. Obtenido de <http://revistalogos.policia.edu.co/index.php/rlct/article/view/39/70>

Motta Delgado, P. A., Ramos Cuellar, N., Gonzáles Sánchez, C. M., y Castro Rojas, E. C. (2011). Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *Veterinaria y zootecnia veterinary and animal science*, 5(2), 88-96. Obtenido de <http://190.15.17.25/vetzootec/downloads/v5n2a08.pdf>

Murarka, M., Vesley-Gross, Z. I., Essler, J. L., Smith, P. G., Hooda, J., Drapkin, R., y Otto, C. M. (2019). Testing ovarian cancer cell lines to train dogs to detect ovarian cancer from blood plasma: A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior*, 32, 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2019.04.010>

- Nelson, S., Haadem, C., Nødtvedt, A., Hessle, A., y Martin, A. (2017). Automated activity monitoring and visual observation of estrus in a herd of loose housed Hereford cattle: Diagnostic accuracy and time to ovulation. *Theriogenology*, 87, 205-211. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.08.025>
- Nordéus, K., Bage, R., Gustafsson, H., y Soderquist, L. (2012). Changes in LH Pulsatility Profiles in Dairy Heifers During Exposure to Oestrous Urine and Vaginal Mucus. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(6), 952-958. doi:10.1111/j.1439-0531.2012.01997.x
- Oxley, J.C., y Waggoner, L.P. (2009). *Detection of explosives by dogs*. Aspects of explosives detection (pp. 27-40). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374533-0.00003-9>
- Palomares, R. (2013). Estrategias de Detección de Celo para Ganado Lechero. *University Of Georgia Extension*. Obtenido de [https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201212-SP\\_3.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201212-SP_3.PDF).
- Paula, J., Costa, M., Joao, M., Mascarenhas, R., Costa, H., Mascarenhas, M. (2011). Dogs as a tool to improve bird-strike mortality estimates at wind farms. *Journal for Nature Conservation*. 19(4), 202-208. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2011.01.002>
- Pérez, F., Urdaneta, M., Gónzales, R., Sandoval, J., Urdaneta, M., Parra, A. (2009). Evaluación de cuatro métodos de detección del celo de novillas de doble propósito. *Fvc-luz, Vol 19 número 4*, páginas 366-370. Venezuela. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/959/95911613008.pdf>
- Pirrone, F., y Albertini, M. (2017). Olfactory Detection of Cancer by Trained Sniffer Dogs: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Veterinary Behavior*, 105-117. doi:10.1016/j.jveb.2017.03.004.

Porriett, F., Shapiro, M., Waggoner, P., Mitchell, E., Thomson, T., Nicklin, S., Kacelnik, A. (2015).

Performance decline by search dogs in repetitive tasks, and mitigation strategies. *Applied animal behaviour science*. Volumen 166, pages 112-122. Estados Unidos.  
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.02.013>

Pueyo Carrera, D. (2017). Efectividad de cuatro métodos para la detección de celo en vacuno de

carne. *Centro De Investigacion y Tecnologia Agroalimentari De Aragon*. Obtenido de  
[https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3955/1/2017\\_493.pdf](https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3955/1/2017_493.pdf)

Reinoso Peláez, E. L. (2017). Determinación de la frecuencia de la hora de inicio del celo y su

duración en vacas lecheras con podómetro. *Repositorio digital: Universidad central Del Ecuador*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10631>

Rekwot, P., Ogwu, D., Oyedipe, E., y Sekoni, V. (2001). The role of pheromones and

biostimulation in animal reproduction. *Animal reproduction science*, 157-170.  
[https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00223-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00223-2)

Rippe, C. (2009). El Ciclo Estral. *Dairy Cattle Reproduction Conference*, 111-115. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/265116863\\_EL\\_CICLO ESTRAL](https://www.researchgate.net/publication/265116863_EL_CICLO ESTRAL)

Riva, J., Marelli, S., Redaelli, V., Bondiolotti, G., Sforzini, E., Santoro, M., Carezzi, C., Verga,

M., Luzi, F. (2012). The effects of drug detection training on behavioral reactivity and blood neurotransmitter levels in drug detection dogs: A preliminary study. *Journal of veterinary behavior*. Vol 7 págs 11-20. Universidad de Milán-Italia.  
<https://doi.org/10.1016/j.jveb.2011.04.002>

- Roelofs, J., van Eerdenburg, F., Soede, N., y Kemp, B. (2005). Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*, 64(8), 1690-1703. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.04.004>
- Salvador Miguel, F. (2013). *Técnicas de adiestramiento canino aplicadas a la búsqueda de restos humanos*. Madrid: S.L. - DYKINSON. ISBN: 978-84-9031-361-9
- Sanabria, S., y Parra, K. (2020) Fundamentos y métodos actuales de detección de celos en bovinos  
Repositorio universidad cooperativa de Colombia.
- Sankar, R., y Archunan, G. (2008). Identification of putative pheromones in bovine (*Bos taurus*) faeces in relation to estrus detection. *Animal reproduction science*, 149-153. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.04.014>
- Schoon, A., Fjellanger, R., Kjeldsen, M., y Goss, K.-U. (2014). Using dogs to detect hidden corrosion. *Applied Animal Behaviour Science*, 153, 43-52. [doi:10.1016/j.applanim.2014.01.001](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.01.001)
- Sepulveda Becker, N., y Rodero Serrano, E. (2002). EVALUACIÓN DE LA DETECCIÓN DE CELO EN EXPLOTACIONES LECHERAS. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 12(3), 169-174. Obtenido de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14838/14815>
- Shellman Francis, V., Holness, H., y Furton, K. (2019). The ability of narcotic detection canines to detect illegal synthetic cathinones (bath salts). *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 98. doi: 10.3389/fvets.2019.00098
- Statham, M., Woollett, D., Fresquez, W., Pfeiffer, J., Richmond, N., Whitelaw, A., Westphal, M y Sacks B. (2019). Noninvasive identification of herpetofauna: Pairing conservation dogs and

genetic analysis. *The journal of Wildlife Management*. Estados Unidos.  
<https://doi.org/10.1002/jwmg.21772>

Strappini, A., Norambuena, L., y Matamala, F. (2015). IMPORTANCIA DE LA DETECCIÓN DE CELO UTILIZANDO MÉTODOS AMIGABLES CON EL BIENESTAR ANIMAL. *Instituto de Ciencia Animal, Universidad Austral de Chile, Chile*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/287978184\\_Importancia\\_de\\_la\\_deteccion\\_de\\_celo\\_utilizando\\_metodos\\_amigables\\_con\\_el\\_bienestar\\_animal](https://www.researchgate.net/publication/287978184_Importancia_de_la_deteccion_de_celo_utilizando_metodos_amigables_con_el_bienestar_animal)

Svartberg, K., Tapper, I., Temrin, H., Radesäter, T. y Thorman, S. (2005). Consistency of personality traits in dogs. *Comportamiento animal* , 69 (2), 283-291.  
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.04.011>

Tadeusz, J., Adamkiewicz E., Walczak, M., Sobczynska, M., Gorecka, A., Ensminger, J y Papet E. (2014). Efficacy of drug detection by fully-trained police dogs varies by breed, training level, type of drug and search environment. *Forensic science international vol 237, págs 112-118*. Magdalena Polonia. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.01.013>

Torres Lineros J. (2012) *Binomios caninos, una herramienta eficaz contra el narcotráfico y el terrorismo en las cárceles del país*. Universidad militar nueva granada. Colombia  
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/7243>

Trilla, A. (2020) One world, one health: The novel coronavirus COVID-19 epidemic. *Medicina clínica 154(5) 175-177*. doi: 10.1016 / j.medcli.2020.02.002

Vallerga, J. J., Serramone, C. G., y Dick, A. (2016). *Estudio de la fertilidad obtenida en vaquillonas detectadas en celo por pintura e inseminadas en distintos momentos y su relación al estado folicular*. Universidad UNCPBA Argentina. Obtenido de

<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/780/VALLERGA%20C%20JORGE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Van Dam, A., Schoon, A., Wierda, S., Heeringa, E., y Aalders, M. (2019). The use of crime scene detection dogs to locate semen stains on different types of fabric. *Forensic science international*, 302, 109907. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.109907>

Velásquez Samper, F. I. (2005). *Perros alertadores de ataques epilépticos en humanos*. Universidad Austral de Chile (Tesis de Pregrado). Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fvv434p/doc/fvv434p.pdf>

Vynne, C., Skalski, J. R., Machado, R. B., Groom, M. J., Jácomo, A. T., Marinho-Filho, Ramos, M., Pomilla, C., Silveira, L., Smith, H y Wasser, S. K. (2011). Effectiveness of scat-detection dogs in determining specie presence in a tropical savanna landscape. *Conservation Biology*, 25(1), 154-162. doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01581.x

Vyplelová, P., Vokálek, V., Pinc, L., Pacáková, Z., Bartoš, L., Santariová, M. y Čapková, Z. (2014). Individual human odor fallout as detected by trained canines. *Forensic science international*, 234, 13-15. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.10.018>

Weakley-Jones, B., y Rebmann, A. (2016). Dogs; Use in Police Investigations. *Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine*, 2, 371-373. doi:10.1016/b978-0-12-800034-2.00159-2

