



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

**Tasa de concepción de vacas Holstein servidas con espermatozoides de
activación progresiva**

TESIS

**Presentada para
optar el título profesional de
INGENIERA ZOOTECNISTA**

Autor

Bach. Sánchez Bustamante, Ana Adaleydi

Asesor

Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr.

(ORCID id: 0000-0002-0236-1593)

Lambayeque [21/ julio/ 2023]

**Tasa de concepción de vacas Holstein servidas con espermatozoides de activación
progresiva**

TESIS

**Presentada para
optar el título profesional de
INGENIERA ZOOTECNISTA**

Autor: Sánchez Bustamante, Ana Adaleydi

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**

**Ing. Pomares Neira, Carlos Herbert, M. Sc.
Presidente**



**Ing. Flores Paiva, Alejandro, M. Sc.
Secretario**



**Ing. Colter Apaza, Beatriz del Pilar, M. Sc.
Vocal**



**Ing. Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr.
Asesor**



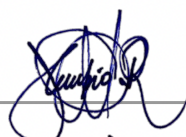
Tasa de concepción de vacas Holstein servidas con espermatozoides de activación progresiva

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	7%	0%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	fjfsdata01prod.blob.core.windows.net Fuente de Internet	<1%
7	cienciaspecuarias.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1%
8	piz.san.edu.pl Fuente de Internet	<1%



Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos
Asesor

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr., asesor de tesis de la bachiller **Ana Adaleydi Sánchez Bustamante**.

Titulada “**Tasa de concepción de vacas Holstein servidas con espermatozoides de activación progresiva**”, luego de la revisión exhaustiva del documento he constatado que tiene un índice de similitud de 7%, verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito ha analizado dicho reporte y ha concluido que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. Por lo que, a mi leal saber y entender, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”.

Lambayeque, 10 de enero de 2023.



Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.
DNI 16407252
Asesor



Bach. Ana Adaleydi Sánchez Bustamante
DNI 72927876
Autora



00397

ACTA DE SUSTENTACION DE LA BACHILLER EN INGENIERIA ZOOTECNIA ANA ADALCYDI SANCHEZ
SUSTAHANTE PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA ZOOTECNISTA

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día 21 de Julio del año 2023, y a la sala de sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Zenteno de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los señores miembros del jurado de tesis, designados mediante Resolución N° 263-2018-ET/D de fecha 19 de Setiembre del 2018, modificada por Resolución N° 031-2020-VN/IAJ-02/E/17 de fecha 19 de Agosto de 2020, reconociendo la designación del jurado. Inf. Caba Hebert Pimentel Neira H. Sc. (Presidente), Inf. Alphonso Flores Peña, N. Sc. (Secretaria), Beatriz M. Pilar Cárter Apraiz, M. Sc. (Vocal) y Pablo Antonio del Corno Roldán, Dr. (asesor) encargados de recibir y dictaminar sobre el trabajo de tesis titulado: "Análisis de Conceptos de Varas Helénicas servidas con espermatozoides de activación preantato por la hembra Agria Adx ley d. Sanchez Bastamante", como requisito para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista Preantato y exponer el trabajo de tesis. Ingre sustentación fue autorizada por Resolución N° 173-2023 virtual. El día de fecha 20 de Julio de 2023, formalizados las presentas por los miembros del jurado, dando las representas por el sustentante y los colaboradores del asesor; el jurado luego de delibegar dando aprobación al trabajo de tesis con el calificativo de Bueno, debiendo consignarse en el informe final la sustentación dada por el jurado durante la sustentación.

Por lo tanto, la Sororita bachiller en Ingeniería Textilera Ana Adelaida Sánchez Betancorte, se encuentra APTA para recibir el Título Profesional de Ingeniera en Textiles de acuerdo a la Normativa del vigente.

[illegible]

Mr. Peter (1971) in 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 265

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Sánchez Bustamante, Ana Adaleydi, investigador principal, y Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, asesor, del trabajo de investigación **Tasa de concepción de vacas Holstein servidas con espermatozoides de activación progresiva**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso de que se demuestre lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y, por ende, el proceso administrativo a que hubiera lugar, que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, octubre de 2022.



Sánchez Bustamante, Ana Adaleydi



Del Carpio Ramos, Pedro Antonio

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a Dios por permitirme culminar con éxito mi tan anhelada carrera, darme buena salud y fortaleza en todo momento.

Así mismo, dedico este trabajo con gran amor a toda mi familia principalmente, a mis padres (**ABELINO SÁNCHEZ MEDINA** y **TEODOLINDA BUSTAMANTE PÉREZ**) y mis hermanos (**MILBER**, **MAYDA** y **NIDIAND**); por ayudarme y apoyarme en cada meta, sueño y objetivo planteado, por ser mi fuerza y alentarme a seguir superándome.

A mi hermano **MILBER**, por inculcarme en la elección de mi carrera, la cual vengo ejerciendo con éxito.

A mis maestros y amigos por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos y experiencias que han contribuido a mi soporte profesional.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento sincero al asesor de mi tesis siendo una de las personas que más admiro, por su profesionalismo, inteligencia e impartir sus conocimientos el Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, a quien le debo el hecho que esta tesis se haya hecho realidad.

Agradecer al estable KIME por apoyarme en realizar la parte práctica de este proyecto, de igual forma a la Dra. Beatriz del Pilar Colter Apaza y al Ing. Ever Guevara Saldaña, quienes me brindaron su apoyo y seguimiento en la realización de este trabajo de investigación. Gracias por sus enseñanzas.

RESUMEN

La encapsulación en gel de alginato y la progresiva liberación de esperamtozoides es una técnica innovativa que busca lograr mejoras en la eficiencia reproductiva de las vacas lecheras, lo que redundaría en la eficiencia productiva y económica de las operaciones lecheras. Quince vacas Holstein en lactación de primera, segunda y terceras y posteriores campañas fueron servidas con semen innovado y los resultados de tasa de preñez y servicios por preñez se compararon con los obtenidos con los de vacas servidas con semen convencional. Dentro de las vacas servidas con semen SpermVital también se evaluó la duración del período transcurrido entre la observación del celo y el servicio y del período parto – servicio de concepción. La proporción de vacas preñadas con semen SpermVital (66.7%) fue considerablemente superior a la lograda con el semen convencional (50%); requiriéndose 26.5% menos servicios para lograr la preñez y con reducción muy fuerte en el tiempo transcurrido entre la observación del celo y el servicio. Se concluye que la innovación representa una ventaja importante para mejorar la eficiencia reproductiva de las vacas Holstein.

Palabras clave: SpermVital, vacas Holstein, reproducción, inseminación artificial.

ABSTRACT

The encapsulation in alginate gel and the progressive release of spermatozoa is an innovative technique that seeks to achieve improvements in the reproductive efficiency of dairy cows, which would result in the productive and economic efficiency of dairy operations. Fifteen lactating Holstein cows from the first, second, third and subsequent seasons were bred with innovated semen and the results of pregnancy rate and services per pregnancy were compared with those obtained from cows bred with conventional semen. Among the cows bred with SpermVital semen, the duration of the period elapsed between the observation of heat and the service and the calving period - service of conception were also evaluated. The proportion of cows pregnant with SpermVital semen (66.7%) was considerably higher than that achieved with conventional semen (50%); requiring 26.5% fewer services to achieve pregnancy and with a very strong reduction in the time elapsed between the observation of estrus and the service. It is concluded that innovation represents an important advantage to improve the reproductive efficiency of Holstein cows.

Keywords: SpermVital, Holstein cows, reproduction, artificial insemination.

ÍNDICE		
Nº Cap.	Título del Capítulo	Nº Pág.
	Resumen/ Abstract	ix
	INTRODUCCIÓN	01
I	ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO	03
	1.1. Tipo y Diseño de Estudio	03
	1.2. Lugar y Duración	03
	1.3. Tratamientos Evaluados	03
	1.4. Animales Experimentales	03
	1.5. Alimentación y Manejo	04
	1.6. Instalaciones y Equipo	04
	1.7. Técnicas Experimentales	04
	1.8. Variables Evaluadas	05
	1.9. Evaluación de la Información	06
II	MARCO TEÓRICO	07
	2.1. Antecedentes Bibliográficos	07
	2.1.1. Hitos importantes en la Inseminación Artificial	07
	2.1.2. Encapsulamiento de espermatozoides	08
	2.1.3. Eficiencia reproductiva	13
	2.2. Bases Teóricas	18
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
	3.1. Tasa de Preñez	21
	3.2. Servicios por Concepción	23
	3.3. Tiempo Celo – Servicio	24
	3.4. Tiempo Parto – Servicio de Preñez	26
IV	CONCLUSIONES	30
V	RECOMENDACIONES	31
	BIBLIOGRAFÍA	32
	ANEXOS	34

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	<i>Tasa de preñez de vacas Holstein de diferentes campañas servidas con semen convencional y SpermVital</i>	21
2	<i>Servicios por preñez (SPP) de vacas Holstein de diferentes campañas servidas con semen convencional/ SpermVital</i>	23
3	<i>Tiempo celo – servicio (minutos) de vacas Holstein de diferentes campañas servidas con semen SpermVital</i>	24
4	<i>Tiempo parto – servicio preñez (días) de vacas Holstein de diferentes campañas servidas con semen SpermVital</i>	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pág. Nº
	Toros que se emplearon en la presente investigación	34-35

ANEXOS

Nº	Título	Pág. Nº
1	Información de toros cuyo semen SpermVital se empleó en el servicio de las vacas	34
2	Prueba de chi cuadrado para tasa de preñez (%) de vacas Holstein servidas con semen convencional y SpermVital	35
3	Prueba de t con muestras pequeñas para cantidad de servicios por preñez de vacas Holstein servidas con semen convencional y SpermVital	35
4	Análisis de varianza para el tiempo celo – servicio entre campañas de vacas Holstein servidas con semen SpermVital (lgt)	36
5	Análisis de varianza para el tiempo parto – servicio de preñez entre campañas de vacas Holstein servidas con semen SpermVital (lgt)	36

INTRODUCCIÓN

En la explotación de la vaca lechera uno de los factores fundamentales en el mantenimiento del rebaño se centra en la adecuada reproducción de los animales; en esto juega un rol trascendente la detección del celo para el servicio a través de la inseminación artificial. Sin embargo, a pesar de su trascendencia en la explotación comercial en nuestro medio una serie de circunstancias impiden determinar el momento de entrada en celo de las vacas con deterioro de los resultados de la consecuente inseminación.

Se sabe que las inseminaciones exitosas están muy vinculadas, entre otros factores, a la coincidencia que haya con el proceso de ovulación y este se estima en función del momento de inicio del celo. La observación de una vaca en celo “por primera vez” no significa que en ese momento haya iniciado el celo; por lo tanto, la estrategia de inseminar a las vacas por la tarde cuando se han observado en celo por la mañana, o al día siguiente por la mañana cuando se observaron en celo por la tarde, puede ser ineficiente.

Lograr tasas de concepción económicamente aceptables, realizando el servicio sin tener en consideración la estrategia mencionada en el párrafo anterior, podría ser aceptado ampliamente por los productores si se les demuestra tal posibilidad. Hace, relativamente, poco tiempo se está difundiendo semen en el que los espermatozoides se activan en forma progresiva y debe permitir que las vacas aptas puedan ser servidas de inmediato lográndose la concepción.

Por otro lado, es necesario reconocer que en el negocio de la ganadería lechera la raza más influyente a nivel mundial es la Holstein, debido a los elevados niveles productivos que alcanzan las vacas; esta característica las hace susceptibles a las fallas en la concepción, por lo que la aplicación del semen mencionado puede dar lugar a resultados diferentes a lo que

se logra cuando se aplica a vacas de otras razas de ganado, en las que los niveles productivos no atentan en forma tan intensa sobre la condición corporal.

Toda vez que se procura lograr eficiencia en el proceso reproductivo de las vacas lecheras y existiendo disponibilidad de semen innovado (SpermVital), se pregunta ¿Se podrá lograr adecuada tasa de concepción en vacas lecheras Holstein si se emplea en la inseminación artificial semen con espermatozoides encapsulados en alginato para liberación progresiva sin tener en cuenta el tiempo después de manifestado el celo?

Hipótesis: La utilización de semen tratado con la técnica de encapsulamiento en alginato y liberación progresiva permitirá lograr eficientes tasas de concepción en vacas lecheras Holstein sin tener en cuenta el tiempo después de manifestado el celo.

Se asumió como objetivos los siguientes:

Objetivo General:

Evaluar el efecto sobre la tasa de concepción de vacas Holstein al emplear semen SpermVital en el servicio.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar la tasa de concepción de vacas Holstein con ambos tipos de semen.
2. Evaluar la cantidad de servicios por concepción de vacas Holstein servidas con ambos tipos de semen.
3. Evaluar el tiempo transcurrido entre el avistamiento del celo y el servicio (tiempo celo – servicio) de vacas Holstein servidas con semen SpermVital.
4. Evaluar la duración del período transcurrido entre el parto y el servicio de preñez (tiempo parto – servicio preñez) de vacas Holstein servidas con semen SpermVital.

I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1. Tipo y Diseño de Estudio

De acuerdo a lo manifestado por Hernández et al. (2010) y por Maletta (2015), la investigación fue corresponde al diseño cuantitativo de tipo descriptivo; definitivamente, por utilizar información cuantificada y proponer una solución al problema de investigación.

1.2. Lugar y Duración

Se desarrolló en la empresa agropecuaria KIME E.I.R.L., en la unidad denominada Establo Lechero KIME. La ubicación corresponde al sector Chosica del Norte del distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

La fase de campo tuvo una duración de seis meses.

1.3. Tratamientos Evaluados

T₁: Vacas Holstein servidas con semen convencional.

T₂: Vacas Holstein servidas con semen SpermVital.

1.4. Animales Experimentales

La población de vacas Holstein puras del establo KIME estuvo constituida por 63 vacas de las que 44 estuvieron en producción y 19 preñadas en seca. Se trabajó con 15 vacas en lactación, la determinación de la cantidad se hizo aplicando la siguiente fórmula probabilística (Pita, 2010):

$$n = (N \times Z^2 \times p \times q) / [e^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q]$$

Donde: N, es el tamaño de la población finita (64); Z, es el multiplicador normal de confianza (1.96 al 95%); p, es la probabilidad de que ocurra es evento (0.5 debido a que es desconocido); q, es la probabilidad de que no ocurra el evento; e, es el error de estimación máximo aceptado (5%).

Con la aplicación del procedimiento se determinó que no se debía trabajar con menos de 14.9 vacas.

1.5. Alimentación y Manejo

Todas las vacas recibieron la misma alimentación y manejo. La alimentación estuvo basada en la combinación de chala chocleada y un suplemento energético proteico, en el establo las cantidades de forraje y suplemento se establecieron en función del estado de lactación (alta, media y baja) de las vacas.

El alimento se distribuyó en determinadas horas del día; se ejecutaron dos ordeños diarios en forma mecánica; en el establo se evaluó la condición corporal del ganado como indicador del adecuado o inadecuado aprovisionamiento de nutrientes y tomar medidas correctivas si fuese el caso, por lo que se consideró como variable aleatorizada (la calificación de la condición corporal estuvo distribuida uniformemente entre todas las vacas). También se aplicó el mismo manejo sanitario.

1.6. Instalaciones y Equipo

Se dispuso de las instalaciones y equipo del establo; es decir, corrales de descanso, sala de espera, brete de inseminación, tanque para nitrógeno líquido, dosificador de semen, etc. Que implicó todo lo necesario para la explotación racional del ganado.

Se contó con una libreta de campo en la que se anotó todas las ocurrencias que hubo con las vacas utilizadas en el estudio.

1.7. Técnicas Experimentales

En forma completamente al azar se asignaron siete vacas de primera, cuatro de segunda y cuatro de tercera y posteriores campañas, con la finalidad que los resultados obtenidos representen a toda la población de vacas Holstein.

Todas las vacas estudiadas estuvieron plenamente identificadas y se tomó información anterior de los registros reproductivos de cada una. Así mismo, toda la información vigente para el estudio se transfirió a los registros reproductivos de cada vaca.

Para el caso del servicio de las vacas, una vez que fueron observadas en celo se separaron a un ambiente tranquilo e inseminadas casi de inmediato, al punto que en ningún caso se aplicó el clásico período de espera (observada en celo en la mañana, servida en la tarde). El semen SpermVital empleado provino de tres sementales cuya descripción se presenta en el Anexo (ESPM 9204292612 MARILYN CLIMAX ET; ESPM 9203811869 ARIEK LEXUS ET; ESPM 9203916746 ALH LIBRA RED POLLED).

Veintiséis vacas (nueve de primera, cinco de segunda y doce de tercera campaña) Holstein puras fueron servidas con semen y procedimiento convencional y fueron empleadas como referencia comparativa al determinar el porcentaje de preñez.

Debido a que se anotó la hora de avistamiento del celo y la del servicio se pudo determinar el tiempo transcurrido hasta el servicio para cada una de las vacas.

El servicio fue realizado por el mismo técnico inseminador del establo, con la finalidad de reducir la influencia de la eficacia de inseminadores diferentes.

La detección de la preñez se realizó utilizando el procedimiento manual, fue realizado por el técnico encargado de la parte reproductiva, lo que permitió una detección efectiva.

Todas las vacas fueron evaluadas para determinar que no presentaran complicaciones con el tracto reproductor (celo sucio) y proceder al servicio.

1.8. Variables Evaluadas

- Tasa de concepción, % $[(\text{Vacías preñadas} / \text{Total de vacas}) \times 100]$.
- Servicios por concepción (cantidad de inseminaciones en cada grupo para lograr una preñez evidente).

- Tiempo celo – servicio (Hora de servicio – Hora de avistado el celo) en las vacas servidas con semen SpermVital.
- Tiempo parto – servicio preñez, días (días transcurridos desde el parto al servicio de preñez) en las vacas servidas con semen SpermVital.

Para la determinación de la cantidad de servicios por concepción se tomó en cuenta el último servicio y la cantidad de concepciones logradas con ese servicio, no se tuvo en cuenta los servicios anteriores y que, por distintos motivos, fallaron.

1.9. Evaluación de la Información

Para la evaluación de la tasa de concepción se aplicó la prueba de Chi-cuadrado sin hipótesis a priori (Scheffler, 1981).

Se aplicó la prueba de t de Student para muestras pequeñas al comparar la cantidad de servicios por concepción.

Se utilizó el análisis de la varianza para el Tiempo Celo-Servicio y Tiempo Parto – Servicio de Preñez, en los que la variable independiente fue el número de campaña, dentro del tipo de semen SpermVital.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Bibliográficos

2.1.1. Hitos importantes en la Inseminación Artificial

En la ganadería lechera se han desarrollado una serie de tecnologías reproductivas con la finalidad de lograr cada vez más y mejores reemplazos; dentro de estas tecnologías, la inseminación artificial (IA) es una de las más trascendentes ya que permite elevar la difusión de mejor genética al fraccionar un eyaculado en muchas dosis, reduciendo la cantidad de machos y mejorando la programación de las intervenciones de servicio y las condiciones de salud en el establo; en la industria vacuna de IA, el semen se almacena y transporta a -196°C antes de ser empleado, temperaturas tan bajas pueden ocasionar inconvenientes de seguridad (Claussen et al., 2011; Perteghella et al., 2017).

Los mismos autores (Perteghella et al., op. cit.) han indicado que:

Durante los últimos 50 años, las técnicas de IA en especies bovinas se han desarrollado y estandarizado, al igual que otros procedimientos que incluyen la extensión del semen, el enfriamiento, la congelación y la descongelación. Actualmente, la IA se realiza por vía transcervical e implica la colocación en el cuerpo uterino de, aproximadamente, 20 millones de espermatozoides, la mayoría de los cuales son fagocitados por leucocitos o eliminados por la acción de reflujo del útero. Es evidente, que estos fueron los primeros pasos relacionados con una técnica revolucionaria en el campo de la reproducción y con miras a lograr un gran salto en la producción ganadera. No obstante, toda nueva herramienta tiene un costo, si es que este puede ser absorbido por el incremento en los resultados, entonces será asumida por la mayoría. Los autores referidos (Perteghella et al., op. cit.) consideraron que:

En comparación con el apareamiento natural, la IA bovina con semen enfriado garantiza resultados de fertilidad similares (>80%), mientras que la IA con semen congelado reduce la fertilidad a, aproximadamente, un 60%. Además, la cantidad de espermatozoides utilizados para la IA afecta a la tasa de fertilización, y una tendencia actual apunta a reducir la cantidad de espermatozoides mientras se mantienen altas las tasas de preñez y parto.

Los hitos que se han dado en la IA no se han detenido, la ciencia y la tecnología continúan buscando herramientas para mejorar los resultados; así es que se llegó a la encapsulación de los espermatozoides, una técnica que se aplica en humanos para diferentes terapias celulares y que se ha llevado a la reproducción animal (también en la humana).

2.1.2. Encapsulamiento de espermatozoides

Como se indicó, el micro encapsulamiento se desarrolló inicialmente en actividades diferentes a los de la reproducción, pero se adaptó perfectamente (con algunos ajustes) con las células seminales. Como se ha indicado por Kang et al. (2014):

... las tecnologías para crear tejidos funcionales vivos en el laboratorio, para la reparación o sustitución de órganos dañados, han surgido como nuevas herramientas prometedoras para la terapéutica. Las células implantadas deben protegerse del ataque del sistema inmunitario del huésped. [...] La cápsula debe ser mecánicamente estable y fácil de manejar. Estos requisitos pueden satisfacerse controlando el tamaño del poro y el espesor de la membrana polimérica de encapsulación [...] Se ha demostrado que la viabilidad celular y el estado metabólico son óptimos si las células encapsuladas tienen un tamaño del orden de cien micras.

Es decir, los espermatozoides cumplen con las condiciones indicadas por Kang et al. (op. cit.)

Para 1993, Watson se refería a la técnica como una novedad y la consideró como un *desarrollo tecnológico particular [que] implica la posibilidad de escapar de las limitaciones del momento de la inseminación artificial muy cerca de la ovulación*. Para Watson esta posibilidad representó grandes ventajas económicas ya que se abreviaría la necesidad de identificar el momento en que se produjo el inicio celo, lo que es trascendente para lograr eficiencia reproductiva con la utilización de semen preparado convencionalmente.

Watson (op. cit.) indicó lo siguiente:

En su forma completamente desarrollada, la tecnología proporcionaría espermatozoides encapsulados crío conservados para la inseminación de la hembra independientemente del [momento] del estro, y la liberación [progresiva] de espermatozoides de la cápsula se desencadenaría por los eventos que conducen a la ovulación; esto proporcionaría una cohorte fértil de espermatozoides en la ampolla para encontrarse con el ovocito recién ovulado.

Esta descripción muy acertada, fue manifestada en condicional debido a que se consideró que la teoría estaba muy lejos (en el tiempo) de aplicarse y no se disponía de antecedentes de investigación que permitieran su aplicación, el mismo autor mencionó que *para proporcionar una alternativa independiente satisfactoria para la inseminación artificial programada, los espermatozoides deben (i) ser viables a la temperatura corporal durante varios días, y (ii) estar empacados de tal manera que permitan la liberación gradual durante varios días o la liberación provocada por eventos relacionados hormonalmente*.

Al respecto, Holt (2000) resaltaba la importancia fundamental del momento de la inseminación cuando se emplean espermatozoides congelados, ya que la duración de la supervivencia de los espermatozoides congelados suele ser la mitad de la de los frescos. Por lo tanto, el éxito de los programas de IA depende, en gran medida, de la disponibilidad de

buenas técnicas para predecir, controlar o detectar la ovulación; que, en general, la inseminación previa a la ovulación es mejor que aquella que se realiza después de la ovulación.

En 2011, Claussen et al. realizaron un estudio para deshidratar semen con la finalidad de inmovilizar los espermatozoides, debido a que la remoción de moléculas de agua conduce a mayores concentraciones de células y, por lo tanto, podría contribuir a la limitación física de la motilidad. Después de la inmovilización, los experimentos demostraron que con la temperatura de rehidratación específica (20°C), el medio de rehidratación (diluyentes de leche descremada o solución de descongelación de Beltsville) y la velocidad de rehidratación, los espermatozoides se recuperaron de modo que se restableció hasta un 70% de motilidad. A la temperatura del órgano reproductor femenino, se observaron espermatozoides móviles, que se secaron y rehidrataron, por períodos hasta 50% más largos en comparación con la muestra de referencia. Lo obtenido por estos investigadores demostró que los espermatozoides inmovilizados, por deshidratación y posterior rehidratación antes de la inseminación, pueden provocar la fecundación y el normal desarrollo embrionario en vacunos. Ensayos parecidos al indicado evidenciaron que la activación progresiva de los espermatozoides era posible.

Para 2013, Pravdyuk et al. ya indicaron que un método prometedor de cultivo tridimensional lo constituye la encapsulación de células en microesferas compuestas por diferentes hidrogeles, entre las que se encuentran las de alginato (AMS, por sus siglas en inglés), que son permeables a oxígeno, nutrientes y moléculas de señalización, mejorando la viabilidad y función de las células encapsuladas; así mismo, pueden actuar como una barrera contra las respuestas inmunitarias si se trasplantan y pueden mantener la proliferación y diferenciación celular. Otra ventaja significativa de las AMS, sobre otros biomateriales, es

que se pueden despolimerizar y las células encapsuladas se pueden extraer con mucha facilidad.

Entre las propiedades de los hidrogeles de alginato, Chen et al. (2013) indicaron que estas dependen en gran medida de la proporción de los polisacáridos componentes y el reticulante catiónico utilizado para la gelificación; estos autores indicaron que, aunque se emplea el calcio como el ion convencional para la reticulación, otros cationes (incluidos estroncio y bario) se comportan adecuadamente, especialmente el estroncio que ha dado lugar a microcápsulas más estables. También indicaron que se puede trabajar para controlar las propiedades mecánicas de los geles, descubrieron que la adición de hidroxietilcelulosa ocasionaba geles con tamaño de poro controlable, lo que se asoció con mejor viabilidad de las células inmovilizadas dentro del micro gel.

Para el proceso de micro encapsulación se requiere de geles de alginato; en consecuencia, la pregunta lógica sería ¿qué es el alginato? Zhang et al. (2018) sugieren lo siguiente: *El alginato es un tipo de polisacárido natural extraído de algas marinas y es un material comúnmente utilizado para la encapsulación celular debido a su abundancia y buena biocompatibilidad. Para la criopreservación de células basada en tecnología de microencapsulación, una variedad de cápsulas de alginato demostró una alta eficiencia en la encapsulación de células vivas, agregados y tejidos, lo que podría optimizar el procedimiento de crío preservación, mejorar la tasa de supervivencia y retener las funciones normales de las células más que los métodos tradicionales.* Como se mencionó, si bien se realiza mucha investigación al respecto con células de tejidos, las células espermáticas se encuentran dentro de la descripción para ser encapsuladas en geles de alginato.

Zhang et al. (op. cit.) complementan su descripción del alginato de la siguiente manera:

Los hidrogeles de alginato se obtienen por entrecruzamiento entre el alginato y algunos cationes divalentes o trivalentes. El entrecruzamiento se puede lograr a temperatura ambiente, y los cationes comunes Ca^{2+} , Ba^{2+} y Sr^{2+} se dedican a formar hidrogeles de alginato biocompatibles para aplicaciones biomédicas y biológicas.

En el campo de la preservación criogénica de células vivas, [...], la formación de cristales de hielo y el uso de agentes criogénicos preservantes (CPA) en alta concentración conducen a la pérdida de viabilidad y función celular, por lo que es necesario reducir la adición de CPA y sincronizadamente disminuir las cantidades de cristales de hielo durante los pasos de enfriamiento y descongelación.

En comparación con los métodos estándar de congelación lenta o vitrificación, el crecimiento de cristales de hielo se inhibió en una red tridimensional de hidrogel, pero no se abrió como en el primero, y la presión osmótica también se minimizó cuando los CPA penetraron en la célula, lo que garantizó un CPA bajo, así como la formación de cristales de hielo y daño osmótico.

Relacionando las investigaciones sobre alginato y conservación de los espermatozoides consideraron que:

... los estudios existentes han indicado que los hidrogeles de alginato pueden reducir efectivamente la dosis de los CPA y minimizar las cantidades de cristales de hielo para lograr altos niveles de viabilidad y el mantenimiento de la función normal.

Así mismo, Zhang et al. analizaron el trabajo de Perteghella et al. (2017), referenciado también en la presente investigación, y consideraron que en el referido reporte:

...se encapsularon y criopreservaron espermatozoides de búfalo (*Bubalus bubalis*) y semen de Holstein Friesian (*Bos taurus*), que sirvieron para el seguimiento de la actividad ovárica de búfalas afectadas por el cambio climático. Además de esto,

también se cubrieron los defectos de la IA. El proceso básico de congelación y descongelación incluyó un equilibrio de 3h a 4°C, siendo los pasos sostenidos de congelación de los espermatozoides de +4°C a -10°C (velocidad: +5°C/ min en bovino, - 3°C/ min en búfalo), - 10°C a - 100°C (Tasa: - 30°C/ min en bovino, - 40°C/ min en búfalo), y - 100°C a - 140°C (Tasa: - 20°C/ min en bovino, - 20°C/ min en búfalo) y posterior descongelación a 37°C durante 1 min. Los resultados mostraron que la motilidad progresiva, la velocidad promedio de trayectoria y las tasas de preñez en cualquiera de las especies no se redujeron de manera evidente, y no se observaron los efectos perjudiciales en el proceso de encapsulación.

En consecuencia, existen evidencias que explicitan y corroboran la eficacia de la microencapsulación y activación progresiva de los espermatozoides en el logro de fertilización en las vacas. Lo que se vincula fuertemente con el logro de eficiencia reproductiva.

2.1.3. Eficiencia reproductiva

Como han indicado Abdollahi-Arpanahi et al. (2017), en la ganadería lechera un objetivo importante es el logro de eficiencia reproductiva; no obstante, debe tenerse en cuenta que este es un rasgo muy complejo, debido a la participación e interacción de una gran cantidad de eventos, entre los que se incluyen: la gametogénesis, la fertilización, la implantación y el desarrollo embrionario y fetal, los que deben realizarse de una manera sincronizada para que se logre una preñez exitosa.

Los mismos autores resaltan que, la mayoría de las veces, cuando se investiga con relación a la fertilidad se tiene en consideración solo la fertilidad de las vacas y que, por ejemplo, en la ganadería lechera de los Estados Unidos se evalúa de manera rutinaria tres aspectos de fertilidad de las hembras (tasa de preñez de hijas, tasa de concepción de vaquillas

y tasa de concepción de vacas). Por otro lado, indican que el mejoramiento genético de la fertilidad de los toros ha sido ampliamente ignorado. Sin embargo, algunos estudios han sugerido que una proporción significativa de fallas reproductivas es atribuible a la subfertilidad del toro; por lo que la fertilidad de los toros en servicio no debe pasarse por alto. Así mismo, mencionan que desde 2008, la ganadería lechera de los EE. UU. ha tenido acceso a una evaluación fenotípica nacional de la fertilidad de toros denominada Tasa de Concepción del Toro (SCR, por sus siglas en inglés), aun cuando la prueba es más una evaluación fenotípica que genética, cada vez se dispone de más pruebas de que la fertilidad de los toros está influenciada por factores genéticos, opinión contraria a lo que se venía manejando tradicionalmente cuando se asumía que la reproducción era afectada, casi totalmente, por aspectos ambientales.

Al respecto, Kumaresan et al. (2017) indicaron que la sostenibilidad y economía de la cría de vacunos lecheros depende de la obtención de altas tasas de concepción a través de la IA. Estos autores son enfáticos al indicar que el éxito de la IA y el uso óptimo de toros genéticamente superiores está determinado por la fertilidad del toro, que a su vez depende de la calidad del esperma en dosis de semen congelado. Así mismo, indicaron que la fertilidad del toro se define como “la capacidad del esperma para fertilizar el óvulo y mantener el desarrollo embrionario, que generalmente se mide por el número de animales engendrados por un toro específico en relación con el número de inseminaciones realizadas. La fertilidad del toro está relacionada con diferentes variables, indicaron que entre estos se encuentra: la motilidad de los espermatozoides, los parámetros de velocidad, la viabilidad y la integridad de la membrana, morfología, estado de capacitación, estado de reacción del acrosoma, la integridad de la cromatina y el estado de peroxidación lipídica”. No obstante, mencionaron que los resultados de dichas pruebas no siempre se correlacionan con los resultados del

campo, porque la mayoría de los estudios evalúan una cantidad limitada de funciones espermáticas.

Zhou et al. (2018) resaltaron la importancia del proceso de maduración para los espermatozoides; indicaron que:

Los espermatozoides testiculares de todas las especies de mamíferos se consideran funcionalmente inmaduros debido a su incapacidad para nadar de manera progresiva y participar en interacciones productivas con el cúmulo-ovocitos. La capacidad de expresar estos atributos funcionales clave se desarrolla progresivamente durante el descenso de las células a través del epidídimo, un sistema de ductos altamente especializado que forma parte integral del tracto reproductivo masculino.

La maduración funcional del espermatozoide se logra a través de interacciones continuas con el microambiente luminal del epidídimo y, sorprendentemente, ocurre en ausencia total de transcripción de genes *de novo* o traducción de proteínas.

El análisis de composición de los fluidos luminales recolectados del epidídimo de una variedad de especies ha revelado la complejidad de este medio, con una diversidad de iones inorgánicos, proteínas y pequeñas transcripciones de ARN no codificante que, a la fecha, han sido identificados.

Notablemente, tanto el perfil cuantitativo como el cualitativo de cada uno de estos diferentes elementos luminales muestran una variación sustancial de segmento a segmento, lo que a su vez contribuye a la funcionalidad regionalizada de este túbulo largo. Así, los espermatozoides adquieren madurez funcional en los segmentos proximales antes de ser almacenados en estado de reposo en el segmento distal en preparación para la eyaculación. Esta marcada división del trabajo se logra a través

de la actividad secretora y de absorción combinada de las células epiteliales que revisten cada segmento.

Así, los factores que pueden afectar la calidad de los espermatozoides pueden ser, incluso, anteriores a la eyaculación y, generalmente, no se tienen en cuenta cuando se evalúa el éxito o fracaso del servicio.

Es necesario volver a mencionar la importancia que ha tenido en el logro de eficiencia reproductiva el momento de detección del estro para planificar el de inseminación; es tanta la importancia que se le daba que se desarrollaron métodos para prolongar la vida útil de los espermatozoides después del servicio. Van Eetvelde et al. (2017) hacen referencia a la encapsulación de espermatozoides como una tecnología trascendente en el logro de mejor eficiencia reproductiva y reportan una prueba de campo, a ciegas, en Noruega utilizando semen procesado de manera estándar con el diluyente Biladyl (control) en comparación con semen procesado por la tecnología de inmovilización de espermatozoides desarrollada por SpermVital AS; demostrándose que la fertilidad no se vio afectada negativamente por la encapsulación, aunque hubo porcentajes más altos de espermatozoides dañados en el acrosoma en grupo “encapsulado”.

Standerholen et al. (2015) realizaron un estudio en el que semen procesado estándar (Biladyl), como control, se comparó con el semen procesado por inmovilización (SpermVital AS) en un ensayo de campo, ciego. Se recolectó y procesó semen de 16 toros jóvenes de la raza Norwegian Red con fertilidad desconocida y se dividió en dos alíquotas, una procesada con Biladyl y la otra con SpermVital. En total se produjeron 2000 dosis de semen de cada toro, divididas equitativamente por tratamiento, y se distribuyeron por toda Noruega. Los resultados de las inseminaciones se midieron como Tasa de No Retorno (NRR, por sus siglas en inglés) de 56 días. En los análisis estadísticos se utilizaron datos de 14125 primeras

inseminaciones realizadas durante 12 meses, 7081 con Biladyl y 7044 con SpermVital. No hubo diferencias significativas en la NRR de 56 días para las dos categorías de semen, siendo el NRR general de 72.5 y 72.7% respectivamente para Biladyl y SpermVital. Los resultados de la citometría de flujo revelaron un nivel significativamente mayor de espermatozoides vivos con acrosoma intacto en el semen procesado con Biladyl en comparación con el semen SpermVital. Así mismo, los resultados indicaron que el nivel de espermatozoides vivos con acrosoma intacto en la dosis de IA no afectó la NRR de 56 días para los dos métodos de procesamiento de semen. Concluyeron que el estudio demostró que los espermatozoides inmovilizados brindan los mismos resultados de fertilidad que el semen procesado estándar cuando la IA se realiza en un ensayo de campo ciego, aunque el procedimiento de inmovilización causó un mayor daño en los espermatozoides evaluados *in vitro* en comparación con el procesamiento estándar.

Alm-Kristiansen et al. (2018) ejecutaron un estudio con el objetivo de examinar si el contenido de ATP, como parámetro de calidad del esperma para el semen del toro, podría brindar información adicional junto con la viabilidad y la motilidad. El objetivo fue examinar las relaciones entre las alteraciones en el contenido de ATP, la motilidad y la viabilidad de los espermatozoides en muestras de semen vacuno inmediatamente después de la descongelación y después de la incubación posterior a la descongelación a temperatura fisiológica. Se compararon dos métodos diferentes de criopreservación, los eyaculados de diez toros jóvenes se dividieron en dos y se criopreservaron utilizando un procedimiento con diluyente convencional Biladyl® (B) y con la tecnología de inmovilización SpermVital®; de cada muestra se realizó un análisis simultáneo del contenido de ATP, la motilidad y la viabilidad después de la descongelación (T_0) y después de la incubación a temperatura fisiológica durante 3 horas (T_3). El análisis de correlación multivariante mostró una alta

asociación en T_0 entre el contenido de ATP y la viabilidad ($P<0.05$), el ATP y la motilidad total ($P<0.05$), así como la motilidad progresiva y la viabilidad ($P<0.05$). Sin embargo, no hubo correlación significativa entre la motilidad progresiva y el contenido de ATP en T_3 , ni para el semen B ni para el SV. Los investigadores concluyeron que tanto el método de conservación como la incubación posterior a la descongelación, a temperatura fisiológica, afectan el nivel de ATP en los espermatozoides de toro, en parte, independientemente de la motilidad y viabilidad. Por lo tanto, el nivel de ATP de los espermatozoides de vacunos después de la descongelación está implicado para brindar información complementaria sobre la calidad del esperma.

2.2. Bases Teóricas

Para el desarrollo de la presente investigación se han tenido en consideración algunos conceptos que se definen de manera sencilla; entre tales se tiene:

- **Encapsulación** (encapsulamiento): para el caso de la investigación se considera como tal el proceso por el cual los espermatozoides quedan atrapados en un gel de alginato y en esa situación son sometidos al proceso de congelación y conservación en nitrógeno líquido hasta su utilización, para mayor detalle se refiere a Chen et al. (2013), Pravdyuk et al. (2013), Standerholen et al. (2015), Van Eetvelde et al. (2017), Alm-Kristiansen et al. (2018), Zhang et al. (2018).
- **Activación progresiva**: es un concepto vinculado al anterior, se procede a la inmovilización de los espermatozoides y después del proceso de descongelamiento se produce una activación progresiva, a diferencia del semen conservado en forma convencional en el que todos los espermatozoides se activan a la vez. La ventaja de la activación prgresiva radica en que siempre habrá espermatozoides activos para cuando el óvulo esté en el lugar adecuado. La activación, normalmente, es

dependiente de los productos y hormonas que tienen que ver con la ovulación y transporte del óvulo (Watson, 1993; Claussen et al., 2011; Perteghella et al., 2017).

- **Momento de detección del celo:** Sumamente importante en el procedimiento convencional de inseminación artificial con semen conservado criogénicamente no encapsulado; se asumió que si la vaca era observada en celo temprano por la mañana debería ser servida en las horas finales de la tarde (momentos antes de que se produjera la ovulación) para asegurar la concepción, teóricamente eso debe suceder. Sin embargo, el principal inconveniente radica en que nadie puede asegurar que en el momento que la vaca fue observada en celo ese es el momento en que entró, en realidad, en celo. La importancia de este momento ha sido resaltada por Watson (1993), Holt (2000), Van Eetvelde et al.(2017).
- **Servicio (IA) oportuno:** es el proceso de inseminación artificial realizado, normalmente, con semen preservado criogénicamente; cuando es bien realizado y en el momento oportuno (con semen convencional) debe dar lugar a la concepción en la vaca. La IA es, con mayor probabilidad, la herramienta más importante para que la humanidad haya logrado la productividad que se observa en la actualidad en los rebaños lecheros (Perteghella et al., 2017).
- **Ovulación:** proceso fisiológico mediante el que el óvulo que se encuentra al interior del folículo con mayor precedencia en el ovario es liberado para que, de haberse hecho el servicio, pueda ser fecundado (Holt, 2000).
- **Fertilidad del toro:** Capacidad de los espermatozoides de un toro para fertilizar un óvulo y que es dependiente de muchos factores (motilidad, viabilidad, conformación, etc., de los espermatozoides) (Kumaresan et al., 2017).

- **Tasa de preñez:** la cantidad de vacas que resultan preñadas en función de la cantidad de dosis de semen empleadas, mientras más alto es su valor se podrá disponer de más y mejores reemplazos de las vacas (Claussen et al., 2011).

Tratándose del hecho que el comportamiento de la fertilidad es multifactorial y que todos los factores deben darse en forma sincronizada para lograr óptimo comportamiento, es evidente que los principios de la Teoría General de los Sistemas (Bertalanffy, 1989) permitirían explicar el comportamiento de las variables, ya que la interacción entre ellas en forma coordinada permitiría el logro del objetivo reproductivo; es decir, la fertilidad.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Tasa de Concepción

En la Tabla 1 se presentan los resultados relacionados con la tasa de concepción de vacas Holstein en producción que fueron inseminadas artificialmente con semen congelado de forma convencional y SpermVital.

Tabla 1.

Tasa de concepción de vacas Holstein de diferentes campañas servidas con semen convencional y SpermVital

Parto (campaña)	Convencional		SpermVital	
	n	%	n	%
Primero	9	55.00	7	57.14
Segundo	5	40.00	4	75.00
Tercero y posteriores	12	50.00	4	75.00
General	26	50.00 ^A	15	66.70 ^A

^A Letras iguales sobre los promedios generales indicaron diferencias no significativas ($P>0.05$) entre tipos de semen (χ^2).

El semen procesado con la tecnología de encapsulamiento en alginato y activación progresiva de los espermatozoides permitió obtener mayores tasas de concepción, aunque no significativas, sobre todo en vacas de segunda y tercera y posteriores campañas; en las vacas de primera campaña las diferencia a favor del semen tratado con la innovación fue muy pequeña.

En la segunda campaña la diferencia fue de casi el doble y en las vacas de tercera y posteriores campañas la ventaja fue de la mitad de lo logrado con el semen convencional.

Este resultado evidenció la conveniencia de emplear el semen tratado con la innovación para lograr mayor eficiencia reproductiva en el rebaño lechero.

La importancia de lograr mayor cantidad de gestaciones en el ganado lechero ha sido resaltada por Abdollahi-Arpanahi et al. (2017) y Kumaresan et al. (2017), decantándose por que así se logra la sostenibilidad y economía de las explotaciones lecheras; asumiéndose,

definitivamente, que se emplea el semen de toros con la mejor calidad genética para la producción. Standerholen et al. (2015) y VanEetvelde et al. (2017) determinaron que el proceso de encapsulación y activación progresiva no afectó negativamente la capacidad fecundante del esperma. No obstante, se da la actuación de una serie de factores que pueden ejercer acción negativa sobre la fertilidad y no sólo, necesariamente, sobre la fertilidad de la vaca sino también de la del toro (Kumaresan et al., 2017).

Al respecto, Zhou et al. (2018) resaltaron la importancia que tiene el proceso de maduración sobre la calidad de los espermatozoides; este proceso se da al interior del epididimo (es decir, al interior del macho) y también se verifica durante el viaje hacia el óvulo, en el interior de la vaca, en este viaje juega un rol importante, también, la concentración de ATP (Alm-Kristiansen et al., 2018), cuya relación en los procesos de activación progresiva se viene investigando con detenimiento.

El precio de la dosis de semen, procesada mediante encapsulación en alginato, es mayor que la de semen procesado en forma convencional; sin embargo, esa situación no refleja el verdadero costo económico. Muchos productores pueden llegar a suponer que al emplear dos o tres dosis del semen convencional no representa una desventaja económica. No obstante, al emplear tres dosis del semen convencional implica haber dejado pasar, por lo menos, 40 días lo que altera todo el cronograma reproductivo del rebaño, sobre todo si se tiene en consideración que no sólo hay una vaca en un establo, ocasionando un gran deterioro económico, como ha sido indicado por Watson (1993).

La ventaja en la proporción de vacas preñadas al emplear semen procesado mediante encapsulamiento y de activación progresiva se centra en que al utilizarlo se trata de asegurar que espermatozoides estén presentes luego de la liberación del óvulo, produciéndose la

oportunidad de la concepción (Holt, 2000). Esta oportunidad se pierde con el empleo de semen convencional.

3.2. Servicios por Concepción

Los resultados se presentan en la Tabla 2, tanto para vacas servidas con el semen convencional como con SpermVital.

Tabla 2.
Servicios por concepción (SPC) de vacas Holstein de diferentes campañas servidas con semen convencional/ SpermVital

Parto (campaña)	Total de vacas n	Servicios n	Vacas preñadas n	SPP n
Primero	9/7	9/7	5/4	1.80/1.25
Segundo	5/4	5/4	2/3	2.50/1.33
Tercero y posteriores	12/4	12/4	6/3	2.00/1.33
General	26/15	26/15	13/10	2.00 ^a /1.47 ^a

^a Letras iguales sobre los promedios generales indican diferencias no significativas ($P>0.05$) entre tipos de semen (T test).

Con vacas de primera campaña se registró que, con semen SpermVital, la cantidad de Servicios Por Concepción fue inferior en 30.6%; en tanto que con vacas de segunda y tercera campaña se registró menos SPC en 46.8 y 33.5%. Cuando se realizó la comparación general con el semen SpermVital se empleó 26.5% menos SPC; en términos generales esta cifra indica que por cada 100 servicios realizados se lograrían 26 preñeces más al emplear el semen innovado. El efecto será más marcado con vacas de segunda campaña y posteriores, ya que las vacas de primera campaña el efecto del semen innovado no fue más marcada, aparentemente, en esta campaña están más influenciadas por el estrés debido a que se enfrentan a una condición fisiológica completamente nueva, ya conocida por las mayores.

Por lo expuesto, a pesar de la clara diferencia entre las cifras para ambos tipos de semen, la prueba de T (diseñada para muestras pequeñas, Scheffler, 1981) no alcanzó significación al 95%, pero se evidenció al 90%.

Es interesante anotar que en explotaciones lecheras en las que se ha alcanzado determinada calidad genética para producir leche se emplea semen de toros de mejor calidad genética y las dosis tienden a ser de mayor precio, por lo que el empleo de semen innovado sería completamente ventajoso en términos de economía (menos dosis o más terneros logrados) que con el semen convencional. Importancia que ha sido resaltada por diversos investigadores (Standerholen et al., 2015; Kumaresan et al., 2017; Van Eetvelde et al., 2017; Alm-Kristiansen et al., 2018).

Por otro lado, el tiempo transcurrido entre un parto y el inmediato siguiente es un indicador de la habilidad reproductiva, cuando falla el servicio lo que se está logrando es incrementar en, por los menos, 21 días el tiempo transcurrido entre dos partos contiguos, obligando a mantener en lactación por más tiempo a la vaca con la consecuente disminución en la posibilidad de lograr más rendimientos picos y en la producción de por vida de la vaca. Así mismo, dentro de la misma campaña, un alargamiento en el tiempo en que la vaca queda preñada implica mantenerla mayor cantidad de días en lactación (DEL) con rendimientos que ya no son muy económicos, toda vez que la fase más importante la constituye la del pico de lactación. Esta situación es realzada negativamente por la falla en el servicio que tiende a ser más alta cuando, al no saberse el momento exacto en que la vaca entró en celo, se espera para realizar el servicio.

3.3. Tiempo Celo-Servicio

En las vacas servidas con el semen Sperm Vital se realizó la comparación para el tiempo transcurrido desde que se observó el celo hasta que se realizó el servicio (Tabla 3).

El promedio del tiempo transcurrido desde el momento en que se observó el celo y el momento en el que se realizó el servicio fluctuó entre una y dos horas, como se aprecia en la Tabla 3; dentro de cada parto (campaña) los coeficientes de variabilidad obtenidos fueron

considerablemente elevados; por tal motivo, para aplicar el análisis estadístico se procedió a transformar la información a base logarítmica con la finalidad de neutralizar la elevada variabilidad. El coeficiente de variabilidad general calculado con la información transformada fue de 13.2%, en tanto que sin la transformación fue de 59.9%. Coeficientes de variabilidad elevados en la expresión de variables reproductivas son comunes (Warwick y Legates, 1980); se asumió que esta se debió a efectos multiplicativos, razón por la que se aplicó al transformación logarítmica (Ostle, 1979).

Tabla 3.

Tiempo celo – servicio (minutos) de vacas Holstein de diferentes campañas servidas con semen SpermVital

Parto (campaña)	n	Promedio	d.e.	C.V., %
Primero	7	65.0 ^a	39.77	61.19
Segundo	4	73.5 ^a	29.95	40.75
Tercero y posteriores	4	110.0 ^a	58.84	53.49
General	15	79.3	47.50	59.90

^a. Letras iguales sobre los promedios generales indican diferencias no significativas ($P > 0.05$) entre partos.

En el protocolo convencional de inseminación artificial se establece que cuando una vaca es observada en celo temprano por la mañana debe ser servida en la tarde del mismo día y si es observada en la tarde debe servirse a la mañana siguiente temprano. En 2012, el Proyecto PROGANIC II, de Nicaragua, publicó su Manual para Inseminador, en el que se establece que para inseminar a una vaca deben transcurrir horas desde que se observó el celo. En tanto que Marini y Galassi (2011) reportaron que para diferentes investigadores los mejores resultados se obtienen esperando entre 4 y 16 horas, para otros entre 12 y 16 horas y aún para otros entre 16 y 24 horas; no obstante los porcentajes de preñez reportados no superan el 50%.

En la presente investigación se han aplicado reducciones muy fuertes en el tiempo transcurrido para realizar el servicio, debido a que el mismo principio teórico indica que no

se sabe, en realidad, en que momento se inicio el celo; ya que observar a la vaca en celo no indica que el celo se haya iniciado en ese momento. Por otro lado, la progresiva activación de los espermatozoides que se liberan de la encapsulación en alginato van madurando progresivamente de modo que algunos de ellos, plenamente maduros, se encontraran con el óvulo liberado y se producirá la concepción. Lo que se evidencia con las mayores tasas de preñez logradas.

La reducción del tiempo empleando el semen innovado, además de permitir mejores resultados de preñez, permite mejor utilización del tiempo del técnico inseminador que puede realizar actividades de gestión (registros, aplicar tratamientos sanitarios reproductivos, etc.), mejor aprovechamiento del personal que se dedica al cuidado del ganado. Es decir, como resaltó Watson (1993), la mayor eficiencia reproductiva que se logra permite una aceleración en la mejora genética, eficiencia productiva y economía en las unidades productivas.

3.4. Tiempo Parto – Servicio de Preñez

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4, dentro de las vacas servidas con semen SpermVital.

Tabla 4.
Tiempo parto – servicio preñez (días) de vacas Holstein de diferentes campañas servidas con semen SpermVital

Parto (campaña)	n	Promedio	d.e.	C.V., %
Primero	4	161.75 ^a	51.09	31.59
Segundo	3	89.00 ^a	4.08	4.58
Tercero y posteriores	3	161.67 ^a	74.22	45.91
General	10	139.90	61.74	44.13

^a. Letras iguales sobre los promedios generales indican diferencias no significativas ($P>0.05$) entre partos.

Como en el caso de la variable anterior, la variabilidad general es alta (44.13%), razón por la que la información fue llevada a base logarítmica para poder aplicar el análisis estadístico entre campañas. El valor de F no fue significativo aun cuando la media obtenida

con las vacas de segunda campaña fue considerablemente menor (en magnitud) a las de las campañas primera y tercera y posteriores. El coeficiente de variabilidad, después de la transformación logarítmica, se redujo hasta el valor de 9.9%.

Es importante resaltar que el servicio con el semen innovado se hizo tal cual se encontró a las vacas, las que ya habían tenido varios celos y servicios; por tal motivo, las cifras son referenciales. Se puede asumir que el empleo de semen SpermVital permitió que vacas que habían fallado en la concepción fueran preñadas, corrigiendo un problema endémico en la mayoría de explotaciones lecheras. Corroborando la apreciación que indica que buena parte de las fallas en la concepción usando semen convencional se centran en la discordancia entre el servicio y la ovulación, lo que tiende a solucionarse haciendo el servicio inmediatamente de observado el celo empleando semen con espermatozoides encapsulados y que se liberan y maduran progresivamente.

La conveniencia de la encapsulación con gel de alginato ha sido analizada por Pravdyuk et al. (2013), Chen et al. (2013), Zhang et al. (2018), entre otros, que explican el buen resultado logrado en la presente investigación.

Analizando, en forma general, la presente investigación cabe preguntar si es conveniente el empleo del semen innovado (como la del producto aplicada en el presente ensayo) en la producción de ganado lechero. Debe considerarse que toda innovación, que implica una mejor respuesta, acarrea un incremento en el costo; en el presente caso, en la dosis de semen. Es posible que, dada la situación asfixiante por la que pasa la ganadería lechera, con precios muy bajos por el litro de leche, los productores puedan asumir que no se justifica un mayor gasto. Sin embargo, la reproducción es un proceso que tiene que darse obligatoriamente para disponer de reemplazos; sin dejar de bregar por lograr mejores condiciones en la comercialización de la leche y los productos que se obtienen de ella.

Al respecto, en 2020 Berg realizó una amplia e intensa investigación con la tecnología SpermVital (SV) en Noruega, motivo de su tesis doctoral, indicando la importancia de esta tecnología para la ganadería a nivel global. Mencionó (p. 59) que “al prolongar el período en el que los espermatozoides viables están presentes en el útero, la tecnología SV tiene el potencial de permitir que el momento de la IA sea más adaptable en relación con el momento de la ovulación y, por lo tanto, aumentar la probabilidad de fertilización. Por lo tanto, el empleo de semen SV puede contribuir a una mayor flexibilidad en la rutinas de IA y puede resultar en una mayor rentabilidad a través de un mayor desempeño reproductivo”. Esta mayor rentabilidad mencionada por Berg se vincula con menores cantidades de dosis de semen, acortamiento del intervalo entre partos (mayor producción por vida de las vacas), mayores rendimientos por acortamiento del período DEL (días en leche) en cada lactación, optimización en la mano de obra del personal dedicado al avistamiento del celo, entre otras acciones; las que deberían ser cuantificadas en términos económicos a nivel de explotaciones ya que en estudios de investigación con pocos animales no se pueden aplicar, requiriéndose de explotaciones comerciales.

Resulta innegable que la ganadería es un sistema abierto (Bertalanffy, 1989) en el que, como tal, ingresan una serie de factores y, muchas veces, se desconoce la magnitud del impacto del accionar de dichos factores. Es importante tener en consideración el rol que juega el ganado vacuno sobre aspectos socioeconómicos del pequeño productor pecuario (que congrega a la mayoría de la ganadería vacuna a nivel nacional) que requiere permanentemente de reemplazos aun cuando el precio por litro de leche no sea el más conveniente. En el medio rural, la posesión de ganado, por sí misma, es trascendente para el pequeño productor; toda vez que constituye, también, una alcancía a la que recurre en casos de emergencia de su salud o familiares, por lo que debe disponer de reemplazos. Esto es así

dado que la estimación de sus ingresos económicos desde la ganadería representa alrededor de un dólar diario, lo que ha sido indicado como un ingreso paupérrimo por FAO (Perez, 2022).

IV. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se validó la hipótesis de trabajo, el semen innovado encapsulado y de progresiva liberación permitió que se logre mayor proporción de vacas preñadas.
2. La tasa de preñez general para las vacas Holstein servidas con semen convencional fue de 50%, en tanto que la obtenida para las vacas servidas con semen innovado fue de 66.7%, la diferencia lograda a favor del semen innovado es considerada importante.
3. Se requirieron 2 servicios para lograr una preñez con el semen convencional y 1.47 con el semen innovado; representando el empleo del semen convencional 36% más de dosis para lograr una preñez.
4. El tiempo transcurrido, promedio general, entre el avistamiento del celo y el servicio empleando semen innovado, fue de 79 minutos; representando una reducción considerable en comparación con el protocolo de inseminación con el semen convencional que puede llegar, fácilmente, a 12 horas.
5. Dada la mayor efectividad del servicio con semen innovado se podría reducir la duración del intervalo parto-servicio de preñez, lo que permitiría que el período de días en leche sea más corto y la producción por vida por vaca sea mayor.

V. RECOMENDACIONES

- 1.** Emplear el semen innovado (encapsulado y de maduración progresiva) en la inseminación artificial de vacas Holstein por permitir la obtención de mayor proporción de vacas preñadas y una reducción considerable en el tiempo transcurrido entre el avistamiento del celo y el servicio, lo que permitiría la optimización de la labor del personal que maneja el ganado.
- 2.** Ejecutar estudios para estimar la relación costo: beneficio al emplear semen innovado e comparación con el semen convencional en la inseminación artificial de vacas Holstein.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdollahi-Arpanahi, R., Morota, G., and Peñagaricano, F. (2017). Predicting bull fertility using genomic data and biological information. *Journal of Dairy Science*, 100: 9656-9666. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13288>
- Alm-Kristiansen, A. H., Sanderholen, F. B., Bai, G., Waterhouse, K. E., and Kommisrud, E. (2018). Relationship between post-thaw adenosine triphosphate content, motility and viability in cryopreserved bovine semen applying two different preservation methods. *Reproduction in Domestic Animals*, 53(6): 1448-1455. <https://doi.org/10.1111/rda.13285>
- Berg, H. F. (2020). Reproductive potential and quality of SpermVital semen used for artificial insemination in cattle. *Philosophiae Doctor Thesis*. Faculty of Veterinary Medicine, Norwegian University of Life Sciences. Adamstuen/Å, Norway.
- Bertalanfy, L., von. (1989). *Teoría General de los Sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. 7^{ma} reimpresión. Fondo de Cultura Económica. México. ISBN 968-16-0627-2
- Chen, B., Wright, B., Sahoo, R., and Connon, C. J. (2013). A novel alternative to cryopreservation for the short-term storage of stem cells for use in cell therapy using alginate encapsulations. *Tissue Engineering Part C: Methods*, 19 (7): 568-576. <http://doi.org/10.1089/ten.tec.2012.0489>
- Claussen, I. C., Hemmingsen, A. K., Longva, K. E., Strommen, I., and Kommisrud, E. (2011). Characteristics of bovine spermatozoa after immobilization by dehydration. *Drying Technology*, 29: 480-487. DOI: 10.1080/07373937.2010.509555
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta edición. McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. de C.V. Impreso en Chile.
- Holt, W. V. (2000). Fundamental aspects of sperm cryobiology: The importance of species and individual differences. *Theriogenology*, 53: 47-58. DOI: 10.10156/s0093-691x(99)00239-3
- Kang, AR., Park, JS., Ju, J., Jeong, G. S., and Lee, S.-H. (2014). Cell encapsulation on via micro technologies. *Biomaterials*, 35: 2651-2663.
- Kumaresan, A., Johannisson, A., Al-Essawe, E. M., and Morrell, J. M. (2017). Sperm viability, reactive oxygen species, and DNA fragmentation index combined can discriminate between above- and below-average fertility bulls. *Journal of Dairy Science*, 100: 5824-5836. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12484>
- Maletta, H. (2015). *Hacer Ciencia. Teoría y práctica de la producción científica*. Universidad del Pacífico: Lima, Perú. 700 PP. ISBN: 978-9972-57-339-2
- Marini, P. R., y Galassi, I. (2011). Relación entre celo – inseminación con semen sexado y porcentaje de preñez en vaquillonas Holstein. *Revista Veterinaria*, 22(1): 52-54.
- Perez, J. (2022). Actividad pecuaria e ingresos económicos del pequeño y mediano productor agrario en el Perú. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista*. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Perteghella, S., Gaviraghi, A., Cenadelli, S., Bornaghi, V., Galli, A., Crivelli, B., Vigani, B., Vigo, D., Chlapanidas, T., Faustini, M., and Torre, M. L. (2017). Alginate encapsulation preserves the quality and fertilizing ability of Mediterranean Italian water buffalo (*Bubalus bubalis*) and Holstein Friesian (*Bos taurus*) spermatozoa after

- cryopreservation. *Journal of Veterinary Science*, 18(1): 81-88. <https://doi.org/10.4142/jvs.2017.18.1.81>
- Pita, S. (2010). Determinación del tamaño muestral. [Disponible en fisterra.com] [Accedido en noviembre de 2018].
- Pravdyuk, A., Petrenko, Y. A., Fuller, B. J., Petrenko, A. Y. (2013). Cryopreservation of alginate encapsulated mesenchymal stromal cells. *Cryobiology*, 66(3): 215-222. Doi: 10.1016/j.cryobiol.2013.02.002
- PROGANIC II. (2012). *Manual para inseminador*. Proyecto de Mejoramiento de la Productividad Ganadera para los Productores de Pequeña y Mediana Escala en la República de Nicaragua. Nicaragua.
- Scheffler, E. (1981). *Bioestadística*. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Standerholen, F. B., Waterhouse, K. E., Larsgard, A. G., Garmo, R. T., Myromslien, F. D., Sunde, J., Ropstad, E., Klinkenberg, G., and Kommisrud, E. (2015). Use of immobilized cryopreserved bovine semen in a blind artificial insemination trial. *Theriogenology* 84: 413-420. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.028>
- Van Eetvelde, M., Heras, S., Leroy, J. L. M. R., Van Soom, A., and Opsomer, G. (2017). The importance of the periconception period: Immediate effects in cattle breeding and in assisted reproduction such as artificial insemination and embryo transfer. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1014: 41-68. DOI: 10.1007/978-3-319-62414-3_3
- Watson, P. F. (1993). The potential impact of sperm encapsulation technology on the importance of timing of artificial insemination a perspective in the light of published work. *Reprod. Fertil. Dev.*, 5: 691-699. <https://doi.org/10.1071/RD99330691>
- Warwick, E. J. y Legates, J. E. (1980). *Cría y Mejora del Ganado*. 3^{ra} ed. Libros McGraw-Hill de México, S.A. de C.V.: D.F. ISBN 968-6046-91-7.
- Zhang, C., Zhou, Y., Zhang, L., Wu, L., Chen, Y., Yie, D., and Chen, W. (2018). Hydrogel cryopreservation system: An effective method for all storage. *International Journal of Molecular Sciences*, 19: 3330. Doi: 10.3390(ijms19113330
- Zhou, W., DeLuliis, G. N., Dun, M. D., and Nixon, B. (2018). Characteristics of the epididymal luminal environment responsible for sperm maturation and storage. *Frontiers in Endocrinology*, 9: 59: DOI: 10.3389/fendo.2018.00059

ANEXOS

Anexo 1.

Información de toros cuyo semen SpermVital se empleó en el servicio de las vacas

BARNKAMPER MARILYN 350 (VG-88)
Madre de CLIMAX

BARNKAMPER MARILYN 252 (EX-90)
Abuela de CLIMAX

BARNKAMPER MARILYN 154 (VG-87)
Bisabuela de CLIMAX

Climax **spermvital**

Nº Reg: **ESPM9204292612** Nombre: **MARILYN CLIMAX ET** BLF CVF **A-11-910**
C.L.R.: **NL000941020350** Crianza: **Awa de Jong-van Ooijen - Beusichem** Fecha Nac: **09/03/2015**

P. LARCREST COMMANDER ET **COMMANDER**
3-03 205 días 10.355 Kg.L. 4,2 %G. 3,4 %LP.
Hija de DEMPSEY

M. BARNKAMPER MARILYN 250 (Muy Buena - 88)
Hija de BOLTON Excelente - 93

AN. BARNKAMPER MARILYN 252 (Excelente - 90) **DEMPSEY**
11-11 205 días 11.688 Kg.L. 4,1 %G. 3,4 %LP.
Hija de BOLTON Excelente - 93

MA. BARNKAMPER MARILYN 154 (Muy Buena - 87) **BOLTON**
6-03 205 días 12.021 Kg.L. 4,4 %G. 3,2 %LP.

Hijas/Rebafos: G	Fiabilidad: 71%	CONAFE - Enero 2017
Lacta	1201 kg	ICO 3753
Grasa	35 kg -0,07 %	Percentil 99 %
Proteína	44 kg 0,05 %	K-Cas. BB S-Lact. AB

Hijas / Rebafos: G	Fiabilidad 70%	-1	0	+1
L. Tipo	2,91 Alto			
Angulosidad	1,74 Angulosa			
L. Capacidad	1,85 Grande			
Estatura	2,59 Alta			
Pecho	1,56 Ancho			
Profund. corporal	1,42 Muy prof.			
Anchura de grupa	2,30 Ancha			
Angulo de grupa	1,60 Corto			
L. Pecho	1,27 Descaído			
Angulo pedral	0,86 Alto			
Vista lateral	-0,70 Rectas			
Vista posterior	0,91 Descaído			
Movilidad	1,22 Fácil			
L. Utero	2,88 Descaído			
Inserción anterior	2,52 Descaído			
Altura sobre posterior	2,52 Alta			
Ligamento suspensor	1,59 Fuerte			
Profundidad útero	2,55 Poco prof.			
Cebos, pezones ant.	1,89 Delgado			
Cebos, pezones post.	1,11 Delgado			
Longitud pezones	-0,72 Cortos			

Longitud 1,06 Muy alta
R. células somáticas 113 Descaído
Días al parto 126 Prolongado
Facilidad de parto 9 Medio

- De la impresionante Barnkamper Marilyn 252 EX-90. Con una genealogía repleta de forma ininterrumpida de vacas Excelentes y Muy Buenas, que sobresalen en Tipo.
- Commander x Dempsey VG-88 x Bolton EX-90 x O Man VG-87 x Carrousel Sierra VG-87 x Fatal VG-85 x Celsius VG-89 x Mascot VG-89 x Rotare VG-85 x Rockalli Son of Bova EX-91 x Bell VG-89 x Valiant EX-93 x Elevation EX-92 ...
- CLIMAX transmite mucha leche con muy buena conformación, mucha longevidad, bajo recuento celular y alta fertilidad.

33

MS ARIEL SANCHEZ ARUBA ET Madre de LEXUS

MS ARIEL SANCHEZ ARUBA ET Madre de LEXUS

Lexus **spermvital**

ESPM9203811869 **ARIEL LEXUS ET** BLF CVF **A-11-810**
NL921540054 **Mts J+S Bron - Oosterstreek** 18/07/2012

P. COMESTAR AUTHORITY ET **AUTHORITY**
3-04 205 días 11.278 Kg.L. 3,5 %G. 2,8 %LP.
Hija de DEMPSEY

M. MS ARIEL SANCHEZ ARUBA ET
Hija de BOLTON Excelente - 93

AN. MS ARIEL SANCHEZ ARUBA ET **SANCHEZ**
4-08 205 días 14.808 Kg.L. 4,3 %G. 3,4 %LP.
Hija de BOLTON Excelente - 93

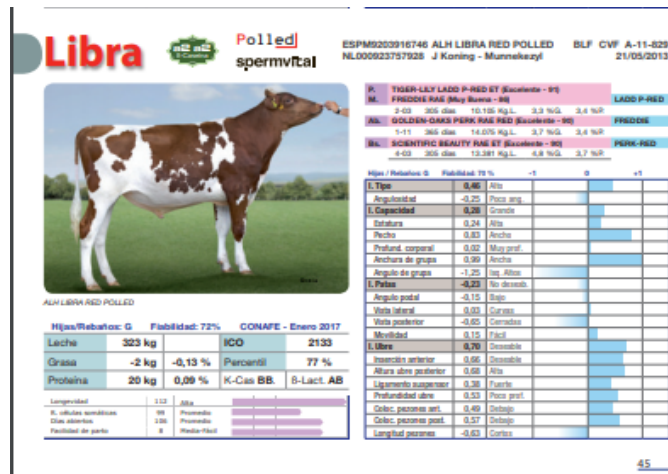
MA. MS ARIEL SANCHEZ ARUBA ET **SANCHEZ**
3-11 205 días 15.386 Kg.L. 5,7 %G. 3,2 %LP.

Hijas/Rebafos: G	Fiabilidad: 73%	CONAFE - Enero 2017
Lacta	564 kg	ICO 2930
Grasa	20 kg 0,00 %	Percentil 95 %
Proteína	15 kg -0,03 %	K-Cas. AB S-Lact. AB

Hijas / Rebafos: G	Fiabilidad 70%	-1	0	+1
L. Tipo	3,29 Alto			
Angulosidad	2,76 Angulosa			
L. Capacidad	1,96 Grande			
Estatura	2,52 Alta			
Pecho	0,97 Ancho			
Profund. corporal	1,20 Muy prof.			
Anchura de grupa	1,52 Ancha			
Angulo de grupa	-0,07 Los Altos			
L. Pecho	2,48 Descaído			
Angulo pedral	0,18 Alto			
Vista lateral	1,47 Cortas			
Vista posterior	1,61 Descaído			
Movilidad	1,89 Fácil			
L. Utero	2,89 Descaído			
Inserción anterior	2,73 Descaído			
Altura sobre posterior	2,78 Alta			
Ligamento suspensor	1,89 Fuerte			
Profundidad útero	2,53 Poco prof.			
Cebos, pezones ant.	1,14 Delgado			
Cebos, pezones post.	1,39 Delgado			
Longitud pezones	-0,20 Cortos			

Longitud 1,21 Muy alta
R. células somáticas 120 Prolongado
Días al parto 120 Prolongado
Facilidad de parto 7 Fácil

42



Anexo 2.

Prueba de chi cuadrado para la tasa de preñez de acuerdo al parto y tipo de semen

Resultado	1er parto		2do parto		3er parto y +		Total
	C	SV	C	SV	C	SV	
Preñada	5(5.05)	4(3.93)	2(2.80)	3(2.24)	6(6.73)	3(2.24)	23
No preñada	4(3.95)	3(3.07)	3(2.20)	1(1.76)	6(5.27)	1(1.76)	18
Total	9	7	5	4	12	4	41

C: convencional; SV: SpermVital

$$\chi^2 = [(5-5.05)^2/5.05] + [(4-3.95)^2/3.95] + [(2-2.80)^2/2.80] + [(3-2.20)^2/2.20] + [(6-6.73)^2/6.73] + [(3-2.24)^2/2.24] + [(4-3.93)^2/3.93] + [(1-1.76)^2/1.76] + [(6-5.27)^2/5.27] + [(3-2.24)^2/2.24] + [(1-1.76)^2/1.76] = 1.8758$$

$$\chi^2_{\text{tabulado}} = 13.277 \text{ (P<0.01, 5 GL); } 9.489 \text{ (P<0.05, 5 GL)}$$

Conclusión: No se rechaza la hipótesis nula; el tipo de semen no influyó sobre la tasa de preñez dentro de cada parto evaluado.

Anexo 3.

Prueba de t con muestras pequeñas para cantidad de servicios por preñez de vacas Holstein servidas con semen convencional y SpermVital

Campañas	Tipo de Semen	
	Convencional	SpermVital
Primera	1.80	1.75
Segunda	2.50	1.33
Tercera y posteriores	2.00	1.33

$$S_p^2 = (0.26 + 0.1176)/4 = 0.0944$$

$$\sigma^2 = 0.2509$$

$$t = (2.1 - 1.47)/0.2509 = 2.51 \text{ (P<0.1)}$$

Anexo 4.

Análisis de varianza para el tiempo celo – servicio entre campañas de vacas Holstein servidas con semen SpermVital (lgt)

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Signif.
Media	50.1059	1	-----		
Campañas	00.1441	2	0.0721	1.14	N.S.
Residual	00.7613	12	0.0634		
TOTAL	51.0113	15			

CV=13.2%

Anexo 5.

Análisis de varianza para el tiempo parto – servicio de preñez entre campañas de vacas Holstein servidas con semen SpermVital (lgt)

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Signif.
Media	44.1277	1	-----		
Campañas	00.1009	2	0.0505	1.17	N.S.
Residual	00.3035	7	0.0434		
TOTAL	44.5321	10			

CV=9.9%