



Artículo original / Original article

Eficiencia de tres protocolos de superovulación y transferencia de embriones a tiempo fijo en vacas Brown Swiss PPC del Centro de Investigación y Producción Illpa, UNA Puno

Efficiency of three superovulation and fixed-time embryo transfer protocols in Brown Swiss PPC cows at the Illpa Research and Production Center, UNA Puno

Dante Hermes Marca-Choquecahua¹ , Paul Aracayo-Mendoza¹ , Wilebaldo Blair Ticona-Aduviri¹ , Mitsy Karen Chávez-Moscoso¹ , Walter Wilfredo Ticona-Aduviri¹ , Juan Tomás Bejarano-Álvarez¹ , Uber Aucahuallpa-Rafaele¹

¹Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú

Recibido: 10/11/2025

Aceptado: 28/12/2025

Publicado: 25/01/2026

*Autor de correspondencia: dosisticona2023@gmail.com

Resumen: La investigación tuvo como objetivo evaluar tres protocolos de superovulación en el proceso de la obtención de la mayor cantidad de embriones viables, determinar la cantidad y calidad de embriones producidos por las vacas donadoras aplicados con tres protocolos de superovulación, el porcentaje de preñez en receptoras de embriones transferidas a tiempo fijo y los costos de producción y transferencia de embriones por cada protocolo. Los resultados muestran el primer protocolo utilizando las 3 vacas donadoras respondieron positivamente, y se obtuvo en promedio de 3.38 embriones viables de calidad 1; lo que repercute directamente en los costos de producción, siendo menor los costos de producción de embriones mientras mayor cantidad de embriones se obtengan. A la evaluación de receptoras gestantes, se obtuvo el 63.83 % de preñez. Se concluye que la mejor hora de retiro del CIDR post aplicación de la prostaglandina es a las 24 horas, debido a que tuvo la mejor respuesta superovulatoria obteniendo el mayor número de embriones (8.33) de calidad 1.

Palabras clave: Donadoras; embriones; protocolos; receptoras; transferencia de embriones.

Abstract: The study aimed to evaluate three superovulation protocols for obtaining the greatest number of viable embryos, determine the quantity and quality of embryos produced by donor cows, assess the pregnancy rate in fixed-time embryo recipients, and estimate embryo production and transfer costs for each protocol. With the first protocol, all three donor cows responded positively and produced an average of 3.38 quality-1 viable embryos. This result directly affected production costs, which decreased as the number of embryos obtained increased. Among recipient cows, the pregnancy rate reached 63.83%. It is concluded that removing the CIDR 24 hours after prostaglandin administration produced the best superovulatory response, yielding the highest average number of quality-1 embryos (8.33).

Keywords: Donors; embryos; protocols; receptors; embryo transfer

1. Introducción

La transferencia de embriones constituye una herramienta de reproducción asistida orientada a multiplicar la descendencia de hembras con mérito genético y acelerar la difusión de características productivas dentro de los hatos. Mediante la ovulación múltiple y transferencia de embriones (MOET), una vaca donadora recibe estimulación hormonal para producir varios ovocitos, cuyos embriones se recuperan y transfieren a receptoras sincronizadas. Este procedimiento articula el manejo endocrino, la selección de donadoras y receptoras y la evaluación de la calidad embrionaria, por lo que su eficiencia depende de la coordinación precisa de cada etapa (Hafez, 1996; Palomino, 2000).

En los sistemas bovinos, esta biotecnología también se utiliza para ampliar el aprovechamiento reproductivo de animales seleccionados y acelerar el progreso genético del hato. Su aplicación adquiere especial relevancia en la ganadería lechera, donde la multiplicación de hembras con características deseables puede reducir el intervalo necesario para difundirlas en la población (Henríquez, 1998; Zapién, 1990). Sin embargo, su utilidad productiva depende de que la respuesta superovulatoria, la recuperación de embriones y la gestación de las receptoras alcancen resultados técnicamente consistentes y económicamente sostenibles.

Entre esas etapas, la superovulación presenta una respuesta biológica variable y constituye uno de los principales condicionantes del número de embriones transferibles. El control de la emergencia de la onda folicular mediante estradiol y dispositivos liberadores de progesterona permite iniciar los tratamientos en momentos programados; sin embargo, la respuesta también depende de la población folicular, la sensibilidad a las gonadotropinas y el estado fisiológico de la donadora (Baruselli et al., 2006; Bó et al., 2002; Bó & Mapletoft, 2014). Esta variabilidad exige evaluar no solo la dosis hormonal, sino también el momento en que se retira la fuente exógena de progesterona.

La dificultad práctica consiste en lograr que el tratamiento estimule suficientes folículos sin comprometer la fecundación ni la calidad de los embriones recuperados. La literatura técnica reconoce que la respuesta superovulatoria puede variar por factores individuales, nutricionales, reproductivos y de manejo, lo que reduce la capacidad de anticipar el rendimiento de cada donadora (Becaluba, 2007). Además, las diferencias fisiológicas entre grupos raciales condicionan la sensibilidad al tratamiento y desaconsejan trasladar directamente un protocolo entre poblaciones bovinas distintas (Baruselli et al., 2006). Por ello, la eficiencia debe comprobarse bajo las condiciones productivas donde se pretende aplicar la técnica.

El tiempo de retiro del dispositivo intravaginal de progesterona puede modificar la sincronía del estro y de la ovulación durante la estimulación. Los protocolos que controlan la emergencia folicular y programan la ovulación han facilitado la inseminación a tiempo fijo de donadoras, aunque requieren coordinar el retiro del progestágeno con la administración de prostaglandina, gonadotropinas e inseminación (Bó et al., 2006). A su vez, la clasificación estandarizada de los embriones permite distinguir su aptitud para la transferencia y comparar la respuesta entre tratamientos (Stringfellow & Seidel, 1998). En consecuencia, cantidad y calidad deben analizarse conjuntamente al valorar un protocolo.

La eficiencia de la transferencia tampoco concluye con la recuperación embrionaria, pues depende de la competencia del embrión y del estado de la receptora. La selección del cuerpo lúteo, la concentración de progesterona y la sincronía entre receptora y embrión intervienen en el establecimiento de la gestación, aunque sus relaciones no siempre son uniformes entre estudios (De Luca et al., 2007). Se han descrito diferencias en las tasas de gestación según el origen y la conservación de los embriones transferidos (Lacalandra et al., 2007). Estos resultados justifican examinar el rendimiento integral desde la donadora hasta la confirmación de la preñez.

En el ámbito productivo, una respuesta embrionaria reducida incrementa el costo unitario de la técnica porque los gastos de hormonas, insumos, equipos y trabajo especializado se distribuyen entre un número menor de embriones viables. Frente a este problema, el estudio tuvo como

objetivo evaluar tres protocolos de superovulación diferenciados por el retiro del CIDR a las 12, 24 y 36 horas después de la primera aplicación de prostaglandina. Específicamente, se compararon la cantidad y calidad de embriones, el porcentaje de preñez de las receptoras transferidas a tiempo fijo y el costo de producción y transferencia correspondiente a cada protocolo.

2. Materiales y métodos

2.1. Ámbito de estudio

El estudio se realizó en el Centro de Investigación y Producción Illpa (CIP-Illpa), de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA -Puno, localizado al lado izquierdo del km 19 de la carretera asfaltada Puno-Juliaca. Geográficamente se encuentra ubicado a 70° 40' 50" de longitud Oeste y a 15° 42' 50" de latitud Sur y a 3,527 m. altitud (caserío).

2.2. Vacas donadoras

Para el estudio se seleccionaron un total de Tres (3) vacas donadoras de embriones de raza Brown Swiss PDP de alta calidad genética registradas en la asociación Brown Swiss del Perú y la Asociación de criadores de ganado registrado (Ascrigar), las mismas que se detallan en la Tabla Registro de pedigree de las donadoras de embriones en la Asociación Brown Swiss del Perú y Ascrigar.

Tabla 1. Registro de donadoras de embriones

Nº	Nº de Registro	Fecha de Nacimiento	Tatuaje Oreja/Der	Nombre
01	18348	20/12/2004	014	CDB ACE COLLECTION CAMELIA
02	01092	30/09/2007	1066	DVC VASCO AYTOLA TORNINA
03	2174	14/06/2008	I-120	YRP COLECTION ZEUZ MELLISA

2.3. Vacas receptoras

Para el estudio se seleccionó un total de cuarenta y siete (47) vacas receptoras de raza Brown swiss PPC del CIP Illpa FCA - UNA Puno, Sector de Istarata - Nuñoa, Fundo Sucari - Asillo y Centro Poblado de Collacachi sector Central. La identificación y selección de animales se dieron por el normal desarrollo del ciclo estral y sistema reproductivos. La selección consideró el funcionamiento regular del ciclo estral y la ausencia de alteraciones evidentes del aparato reproductor, condiciones utilizadas para establecer la aptitud de las receptoras antes de la sincronización (Gasque Gómez, 2008).

2.4. Factores de estudio

Tiempo de retiro de CIDR, Protocolos modificados, con diferencias del tiempo de retiro de la Progesterona (CIDR), después de la Primera aplicación de la Prostaglandina.

P1= Retiro del (CIDR) a las 12 horas

P2= Retiro del (CIDR) a las 24 horas

P3= Retiro del (CIDR) a las 36 horas.

Tabla 2. Protocolo de superovulación de donadoras P1, 12 horas, modificado

Día	Evento
0	Dispositivo Intravaginal CIDR + B.E. 2ml.
4	FSH 80 mg 7AM + 80 mg 7PM
5	FSH 60 mg 7AM + 60 mg 7PM
6	FSH 40 mg 7AM + 40 mg 7PM+PG35mg7AM+PG35mg7PM+RET.P4 7 PM

Día	Evento
7	FSH 20 mg 7AM + 20 mg 7PM
8	Revisar celo y GnRh + Inseminación artificial 2 veces cada 12 h.
9	Inseminación tercera dosis
15	Colección de Embriones

Fuente: Manual of the International Embryo Transfer Society (IETS). 2a ed. IETS. Champaign, Illinois. Estados Unidos de América (2004), Modificado por el autor.

Tabla 3. Protocolo de superovulación de donadoras P2, 24 horas, modificado

Día	Evento
0	Dispositivo Intravaginal CIDR + B.E. 2ml.
4	FSH 80 mg 7AM + 80 mg 7PM
5	FSH 60 mg 7AM + 60 mg 7PM
6	FSH 40 mg 7AM + 40 mg 7PM + PG 35mg 7AM + PG 35mg 7PM
7	FSH 20 mg 7AM + 20 mg 7PM + RET. CIDR 7AM
8	Revisar celo y GnRh + Inseminación artificial 2 veces cada 12 h.
9	Inseminación tercera dosis
15	Colección de Embriones

Fuente: Manual of the International Embryo Transfer Society (IETS). 2a ed. IETS. Champaign, Illinois. Estados Unidos de América (2004), Modificado por D. Marca, tesista.

Tabla 4. Protocolo de superovulación de donadoras P3, 36 horas, modificado

Día	Evento
0	Dispositivo Intravaginal CIDR + B.E. 2ml.
4	FSH 80 mg 7AM + 80 mg 7PM
5	FSH 60 mg 7AM + 60 mg 7PM
6	FSH 40 mg 7AM + 40 mg 7PM + PG 35mg 7AM + PG 35mg 7PM
7	FSH 20 mg 7AM + 20 mg 7PM + RET. CIDR 7PM
8	Revisar celo y GnRh + Inseminación artificial 2 veces cada 12 h.
9	Inseminación tercera dosis
15	Colección de Embriones

Fuente: Manual of the International Embryo Transfer Society (IETS). 2a ed. IETS. Champaign, Illinois. Estados Unidos de América (2004), Modificado por el autor

2.5. Sincronización estral de receptoras de embriones

Se empleó un protocolo de sincronización para la transferencia de embrión a tiempo fijo así como muestra en la Tabla 5. El esquema combinó GnRH, prostaglandina y retiro programado del dispositivo intravaginal para controlar temporalmente el estro y organizar el procedimiento a tiempo fijo (Albarracín, 1998). Su ejecución exigió mantener horarios uniformes para la administración hormonal, la observación del estro y las intervenciones reproductivas (Di Bella, 2009; Nebel, 2008). La transferencia se efectuó mediante el procedimiento no quirúrgico previsto, seleccionando receptoras con respuesta reproductiva compatible y respetando el momento establecido según el estadio embrionario (Bem, 1994).

Tabla 5. Protocolo de sincronización y transferencia de embrión a tiempo fijo en vacas, modificado

Día	Evento
0	Dispositivo Intravaginal CIDR + GnRH 1.5ml.
7	RET. CIDR + Lutalyse 25 mg
9	GnRH 1.5ml
16	Transferencia de Embrión - Por la mañana o la tarde según el estadio del embrión.

Fuente: Manual of the International Embryo Transfer Society (IETS). 2a ed. IETS. Champaign, Illinois. Estados Unidos de América (2004), Modificado por el autor.

3. Resultados y discusión

3.1. Tiempo de retiro del CIDR en la superovulación de vacas donadoras Brown Swiss PDP

Desarrollados los tres protocolos de investigación, se obtiene los siguientes resultados que se muestran en la tabla 6, las mismas que se desarrolló aplicando el diseño experimental DCA, con 6 repeticiones en cada protocolo, teniendo en total 18 repeticiones y con 47 unidades experimentales.

Tabla 6. Número de embriones, calidad de embriones y óvulos

Protocolos	Embriones de Calidad. 1	Embriones de Calidad. 2	Embriones Degenerados	Óvulos
P 1 = 12 HRS	23	1	2	5
P 2 = 24 HRS	50	4	7	10
P 3 = 36 HRS	31	3	3	15
TOTAL	104	8	12	30

Los resultados de la tabla 6, muestran claramente que el protocolo P2, con retiro del CIDR a las 24 se obtuvo mayor cantidad de embriones viables de calidad 1 frente a los demás 2 protocolos, la valoración de la eficiencia no debe limitarse al número de estructuras recuperadas, sino considerar también su viabilidad y las condiciones técnicas de manipulación y conservación. El control de estas operaciones reduce el riesgo de pérdidas de calidad posteriores a la colección y permite que la comparación entre protocolos represente con mayor fidelidad el potencial transferible de los embriones (Thompson, 2005).

Seguido por el protocolo P3, con retiro del CIDR a las 36 horas y finalmente el protocolo P1, con retiro del CIDR a las 12 horas.

Asprón Pelayo (1992), en un trabajo de superovulación en vacas aplico la hormona estimulante de folículos FSH, que hace que en ambos ovarios desarrollen varios folículos los cuales ovularon después que la vaca haya entrado en calor al aplicarle la otra hormona que es la prostaglandina PG2 α dos días después de haber empezado a inyectarle FSH, la misma que se aplicó cada 12 horas durante 4 días.

Becaluba (2007), realiza el mismo tratamiento con la diferencia de 1 día en el inicio de la aplicación de FSH, es decir inicia el día 10 después que la donadora haya entrado en celo tal como muestra en la tabla N° 3, Pág. 42. La misma que también fue aplicado en el 2012 y reporta un trabajo realizado en Argentina con el mismo protocolo, y además Palomino (2000), también recomienda realizar la superovulación con FSH, entre el día 9 a 12 después del celo de la vaca donadora.

Los tres autores recomendaron y aplicaron los protocolos de superovulación calculando que la vaca donadora alcance el pico máximo de la concentración de progesterona entre los días 8 y 12 (Bó & Mapletoft, 2014), aplicando una sola dosis de PG2 α en la mañana del segundo día de superovulación. Los tres autores obtuvieron similares respuestas en la obtención de embriones de entre 4 a 5 embriones viables.

En el trabajo de investigación se realizó la superovulación el día 4 de la aplicación del dispositivo CIDR y el día 7 en la mañana aplicamos la primera dosis de PG2 α , donde desde ese momento de inicia el conteo de las hora para el retiro del CIDR, aplicación contamos las horas para el retiro del CIDR, donde en los tres protocolos planteados retiramos a las 12, 24 y 36 horas de aplicado la PG2 α , y la segunda dosis de prostaglandina aplicamos a las 12 horas luego de la primera dosis.

Aplicando los protocolos planteados en la investigación solamente el protocolo P1, con el retiro a los 12 horas del CIDR, tiene una similitud, y la otra cercana similitud con el Protocolo P3 con el

retiro del CIDR a las 36 horas, pero habiendo una diferencia significativa con el protocolo P2 con retiro del CIDR a las 24 h.

Tabla 7. Cantidad de embriones viables obtenidos por cada protocolo y vaca donadora

Vacas Donadoras	Repeticiones	N° Embriones Protocolo P1 =12 hrs	N° Embriones Protocolo P2 =24 hrs	N° Embriones Protocolo P3 = 36 hrs
Donadora 1	Repetición 1	5	9	5
	Repetición 2	4	9	4
Donadora 2	Repetición 1	5	11	7
	Repetición 2	3	9	5
Donadora 3	Repetición 1	2	5	5
	Repetición 2	4	7	5
Total número de embriones		23	50	31

Hafez (1996), indica que las concentraciones elevadas de la progesterona Inhiben el estro y el pico ovulatorio de LH, interrumpiendo así el desarrollo de un nuevo folículo, Agregando a ello la aplicación de FSH ocurre la superovulación y mientras más tiempo haya la concentración de la progesterona habrá más folículos maduros ovulatorios.

Es evidente que en los tres protocolos aplicados se tiene una cantidad de óvulos no fecundados, y esto resalta en mayor cantidad en el protocolo P3 (Retiro del CIDR a las 36 horas) con 15 óvulos, seguido por el protocolo P2 (retiro del CIDR a las 24 horas) con 10 óvulos y el protocolo P1 (Retiro del CIDR a las 12 horas) con 5 óvulos. Pudieron deberse a lo que menciona Becaluba (2007), menciona, el nivel nutricional, especie, edad, anestro lactacional.

Tabla 8. Respuesta de los protocolos de superovulación, número de embriones obtenidos y datos transformados

N° Repeticiones	Protocolos	Cantidad de Embriones	Promedio por protocolo	N° Embriones datos transformados T
1	12 hrs	23	3.8	2.23607
2				2.00000
3				2.23607
4				1.73205
5	24 hrs.	50	8.3	1.41421
6				2.00000
7				3.00000
8				3.00000
9	36 hrs.	31	5.1	3.31662
10				3.00000
11				2.23607
12				2.64575
13	36 hrs.	31	5.1	2.23607
14				2.00000
15				2.64575
16				2.23607
17	36 hrs.	31	5.1	2.23607
18				2.23607

Los resultados del presente estudio indican que la mejor respuesta de superovulación que se obtuvo frente a los protocolos aplicados fue el protocolo P2 (retiro del CIDR a las 24 horas), teniendo como resultado de 8.3 embriones viables de calidad 1, frente a la segunda mejor respuesta del protocolo P3 (Retiro del CIDR a las 36 horas), que se obtuvo de 5.1 embriones

viales de calidad 1, mientras que con el protocolo P1 (Retiro del CIDR a las 12 horas), se obtuvo 3.8 embriones viables.

En un trabajo de investigación en Argentina, Becaluba (2007), incluyó 2048 recolecciones de embriones en donantes bovinas, se obtuvieron un promedio de 5.2 embriones transferibles por vaca, lo que es inferior a la respuesta que se obtuvo aplicando el protocolo P2 e igual al protocolo P3, pero si superior al protocolo P1.

Finalmente los protocolos utilizados para obtener los resultados que menciona Asprón Pelayo (1992) y Becaluba (2007), son los mismos planteados por la IETS, sin embargo una modificación en el proceso del retiro del CIDR, (Progesterona), incrementa la cantidad de folículos reclutados, de manera que si le damos un poco más de tiempo en el proceso de la superovulación habrá más cantidad de folículos acumulados y reclutados, en consecuencia se tendrá mayor cantidad de óvulos = embriones, lo que fue la hipótesis del trabajo, sin embargo, en un protocolo donde se retira el CIDR a 36 horas baja la cantidad de embriones pero al mismo tiempo incremento la cantidad de óvulos no fecundados.

3.2. Prueba de comparación múltiple de Duncan para estimar la mejor hora de retiro del CIDR

Con la prueba de significancia de Duncan ($P < 0.05$) se determinó que el protocolo P2 (24 horas retirado CIDR) tuvo el mejor resultado en la superovulación y cuya eficiencia se representa en un mayor número de embriones con un promedio de 2.86 embriones estos son respuestas con datos transformados raíz cuadrada de x seguido por el protocolo P3 (a las 36 horas de retiro del CIDR), con un promedio de 2.26 embriones existiendo diferencias significativas estadísticas entre estos protocolos, al final tenemos al protocolo P1 (a las 12 horas de retiro del CIDR) con un promedio de 1.93 embriones.

Tabla 9. Prueba de Duncan al 95 % para estimar la mejor hora de retiro del CIDR

Protocolos	Tratamientos	Valores
P2 - 24hrs	6	2.8664 ^a
P3 - 36hrs	6	2.2650 ^b
P1 - 16hrs	6	1.9364 ^b

Palomino (2000), menciona que las hembras nacen con una gran reserva de folículos primarios que encierran los oocitos, a partir de la pubertad los folículos van a dejar el estado de reserva para comenzar a crecer de forma diferente, llegando algunos a su culminación y la mayor parte degenerando. Estas mismas se manifiestan a través de ondas foliculares así como describe Bó et al. (2002), una onda folicular involucra el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos, caracterizada por el desarrollo de un gran folículo dominante, el cual es anovulatorio si ocurre durante la fase luteal y ovulatorio si ocurre en la fase folicular; y varios folículos que invariablemente se atresian.

Así como estos ocurre de manera natural en la vaca, en el proceso del trabajo de investigación se modificó estas ondas foliculares con mayor cantidad de FSH y mayor tiempo de permanencia de la Progesterona - CIDR Bó et al. (2002), la función específica de la FSH y LH es estimular el crecimiento de los folículos, donde en una etapa ocurre el reclutamiento y selección natural de una determinada cantidad de folículo (1 y 2).

Desde el punto de vista endocrino, la FSH participa principalmente en el reclutamiento y crecimiento folicular, mientras que la LH interviene en la maduración final y la ovulación de los folículos seleccionados (McDonald, 1971). Esta diferenciación funcional permite interpretar el protocolo como una intervención coordinada sobre distintas fases del desarrollo folicular, sin atribuir la respuesta observada exclusivamente al tiempo de permanencia del CIDR.

3.3. Porcentaje de preñez en receptoras de embriones transferidas a tiempo fijo

Luego de 7 días de que las vacas receptoras hayan entrado en celo, se revisó a través de la palpación rectal los ovarios de las receptoras, en los cuales se evaluó el nivel del cuerpo lúteo,

seleccionando solo las receptoras que tuvieron respuestas de cuerpos lúteos de grado 1 y 2, descartando las receptoras que presentaban cuerpos lúteos menos desarrollados y con presencia de folículos.

A los 14 días de haber transferidos los embriones a las receptoras, se registraron las vacas receptoras que mostraron celo y las receptoras que no mostraron, para luego a los 35 días de transferido el embrión mediante la palpación rectal se revisó la gestación de las mismas, certificando así en 15 a 20 días más las preñes de las receptoras. De manera que los resultados fueron de la siguiente manera.

Tabla 10. Porcentaje de preñez de vacas receptoras transferidas con embriones

Protocolos	Vacas Transferidas	Vacas Preñadas	Preñez %
P1 = 12 hrs	17	11	64.71
P2 = 24 hrs	19	12	63.16
P3 = 36 hrs	11	7	63.64
TOTAL	47	30	63.83

Se muestra la cantidad de vacas receptoras que se transfirieron con embriones y la cantidad de vacas gestantes, no se incluye vacas con abortos a los 60 días ni las receptoras que tuvieron muertes embrionarias que fueron mínimas. En total 47 vacas receptoras transferidas con embrión congelado, de las cuales 30 vacas receptoras preñadas certificadas, lo que repercute en el porcentaje de preñez de 63.83%.

3.4. Costo de producción y transferencia de embriones por protocolo

La variación del costo de producción se deberá a muchos factores, principalmente a la disponibilidad de materiales e insumos que pudieran existir en nuestro país, ya que la mayoría de los insumos, materiales y equipos son importados, otro de los factores son el tipo de cambio de la moneda internacional, como en este caso el tipo de cambio considerado es de \$ 1.00 por S/. 3.36. También uno de los factores que será considerado principalmente la cantidad de embriones obtenidos según los protocolos aplicados, el mismo que se muestra en el cuadro.

Tabla 11. Costo de producción de embriones por protocolo

Protocolos	Costo Total S/.	Costo por Vaca Superovulada y colectada	Cantidad de Embriones Viables	Costo por Embrion S/.
Protocolo a las 12 horas	13,119.50	2,186.58	23	570.41
Protocolo a las 24 horas	13,554.30	2,259.05	50	271.09
Protocolo a las 36 horas	13,306.10	2,217.68	31	429.23

Los costos generales empleados en el desarrollo de todo el protocolo en las tres vacas donadoras cada una con 2 repeticiones, lo que significa que se ha desarrollado 6 superovulaciones en total y cada uno de los trabajos en promedio bordea los S/. 13000.00. De manera que sumados las 6 repeticiones empleadas arrojan el costo total, estas mismas son divididas por la cantidad de embriones totales obtenidos por protocolo desarrollado.

Finalmente, el costo más barato y/o económico es la del Protocolo de 24 horas del retiro del CIDR, teniendo está el costo de producción por embrión a s/. 271.09, (80.68 Dólares) en comparación al segundo Protocolo de 36 horas del retiro del CIDR, que tiene de S/. 429.23, (127.11 Dólares.) Por cada embrión y finalmente el tercer protocolo de 12 horas del retiro del CIDR, llegando a S/. 570.41, (169.77 Dólares.) Por cada embrión, (tipo de cambio (3.36). Los costos pueden variar de acuerdo al tipo de cambio del dólar, ya que la mayoría de los medios y materiales son importados.

Así mismo los costos de producción de embriones en el extranjero tienen alta variación a comparación de nuestro país.

3.5. Discusión

El hallazgo principal fue la mayor respuesta embrionaria del protocolo P2, en el que el CIDR se retiró 24 horas después de la primera aplicación de prostaglandina. Este tratamiento produjo 50 embriones de calidad 1 y un promedio de 8,3 por repetición, frente a 31 y 5,1 con P3, y 23 y 3,8 con P1. La comparación de Duncan sobre los datos transformados ubicó a P2 en un grupo estadístico distinto de P3 y P1 ($p < 0,05$). Este patrón es compatible con la importancia atribuida a la sincronización entre el retiro del progestágeno y la ovulación durante programas de superestimulación e inseminación a tiempo fijo (Bó et al., 2006). No obstante, la estimación procede de tres donadoras sometidas a repeticiones, lo que limita su generalización.

La permanencia más prolongada del CIDR no produjo un incremento lineal de la eficiencia. Aunque P3 superó a P1 en embriones de calidad 1, también presentó la mayor cantidad de óvulos no fecundados: 15, frente a 10 en P2 y 5 en P1. Esto sugiere que ampliar el tiempo de exposición hasta 36 horas pudo favorecer la disponibilidad de estructuras recuperables sin asegurar que todas alcanzaran fecundación y desarrollo embrionario satisfactorios. El control de la onda folicular permite programar la superestimulación, pero la respuesta conserva variabilidad individual y depende de la coordinación entre crecimiento folicular, luteólisis y ovulación (Becaluba, 2007; Bó et al., 2002). Por ello, el número total de estructuras no debe interpretarse aisladamente de su calidad y condición de fecundación.

En las receptoras se confirmó la gestación de 30 de las 47 vacas transferidas, equivalente a una tasa global de 63,83 %. Los porcentajes descriptivos fueron próximos entre los protocolos: 64,71 % para P1, 63,16 % para P2 y 63,64 % para P3. En consecuencia, la ventaja de P2 se concentró en la producción de embriones y no se tradujo en una tasa de preñez superior dentro de estos datos. La literatura señala que el establecimiento de la gestación también depende de la funcionalidad lútea, la progesterona, la sincronía receptora-embrión y la condición del embrión transferido (De Luca et al., 2007; Lacalandra et al., 2007). Como no se reportó una prueba inferencial para estas proporciones, sus pequeñas diferencias no deben presentarse como efectos de los protocolos.

El rendimiento embrionario incidió directamente en la eficiencia económica. Aunque el costo total de ejecución fue semejante entre tratamientos, el costo por embrión fue menor en P2 (S/ 271,09), seguido de P3 (S/ 429,23) y P1 (S/ 570,41). La reducción no provino de un gasto operativo sustancialmente menor, sino de distribuir costos similares entre un mayor número de embriones viables. En las condiciones evaluadas, retirar el CIDR a las 24 horas ofreció así la combinación más favorable de respuesta superovulatoria y costo unitario, sin evidenciar una ventaja adicional en preñez. Esta conclusión debe circunscribirse al manejo, precios, tipo de cambio, número de donadoras y población de receptoras estudiados; estudios con más animales y análisis de medidas repetidas permitirían estimar con mayor precisión su reproducibilidad.

4. Conclusiones

El protocolo P2, con 24 horas de retiro del CIDR luego de la primera dosis de aplicación de la Prostaglandina tuvo la mejor respuesta en el proceso superovulatorio con 8.3 embriones viables en promedio, seguida del protocolo P3 con 36 horas de retiro de CIDR con 5.1 embriones viables y finalmente el protocolo P1 con 12 horas de retiro del CIDR con 3.8 embriones viables.

El porcentaje de preñez obtenido en promedio es de 63.83%, siendo la tasa de preñez 64.71, 63.16 y 63.64% para los protocolos P1, P2 y P3 con retiro del CIDR a las 12, 24 y 36 horas, respectivamente.

Los costos de producción del embrión obtenido con la aplicación de los diferentes protocolos están directamente relacionados con la cantidad de embriones viables de la calidad uno, siendo

estas de S/. 578.24, S/. 271.09, y S/. 429.23 por cada embrión, para los protocolos P1, P2 y P3 con retiro del CIDR a las 12, 24 y 36 horas, respectivamente.

Financiamiento

No financiado.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

Los autores declaran haber realizado todas las etapas de la investigación y redacción del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Albarracín, J. L. (1998). *Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas Gir, con GnRH, PGF2a y estrógeno*. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Asprón Pelayo, M. A. (1992). Transferencia de embriones bovinos: biotecnología de punta. *Revista Científica y Técnica de La OIE*, 8(2), 13.
- Baruselli, P. S., Sá Filho, M. F. de, Martins, C. de M., Nasser, L. F., Nogueira, M. F. G., Barros, C. M., & Bó, G. A. (2006). Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*, 65(1), 77–88. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.006>
- Becaluba, F. (2007). *Factores que afectan la superovulación en bovino*. Engormix. https://www.engormix.com/lecheria/celo-sincronizacion-induccion-deteccion-bovinos/factores-afectan-superovulacion-bovino_f6647/
- Bem, D. (1994). Técnica de la transferencia de embriones. *Revista Científica de La Universidad Austral de Chile*, 3(6), 12–19.
- Bó, G. A., Baruselli, P. S., Chesta, P., & Martins, C. M. (2006). The timing of ovulation and insemination schedules in superstimulated cattle. *Theriogenology*, 65(1), 89–101. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.008>
- Bó, G. A., Baruselli, P. S., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R., Tríbulo, H., & Mapletoft, R. J. (2002). The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*, 57(1), 53–72. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00657-4](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00657-4)
- Bó, G. A., & Mapletoft, R. J. (2014). Historical perspectives and recent research on superovulation in cattle. *Theriogenology*, 81(1), 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.020>
- De Luca, L. J., Macia, A. N., Vater, A. A., Miranda, M. F., Cuatrin, J., Iorio, G., & Capaul, E. (2007). *Niveles plasmáticos de progesterona en receptoras de embriones congelados determinados por ELISA-test*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/transplante_embriionario/23-progesterona.pdf
- Di Bella, V. (2009). *Manual de inseminación artificial y transferencia de embriones en bovinos*. Reproducción y Clínica de Bovinos.
- Gasque Gómez, R. (2008). *Enciclopedia bovina* (1st ed.).
- Hafez, E. S. E. (Editor). (1996). *Reproducción e inseminación artificial en animales* (6th ed.). Interamericana McGraw-Hill.

- Henríquez. (1998). Mejoramiento genético mediante trasplante de embriones. *El Rancho*, (57), 22-34.
- Lacalandra, G. M., Matta, V., Minore, S., De Sandro Salvati, A., Danza Sproviero, C., Matarrese, R., Nicassio, M., & Aiudi, G. (2007). Tasa de gestación en hembras bovinas después de la transferencia de embriones frescos o embriones congelados producidos in vivo o in vitro. *Reunión de La Asociación Peruana de Producción Animal y Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/transplante_embionario/24-LACALANDRA-EMBRIONES.pdf
- McDonald, L. E. (1971). *Veterinary endocrinology and reproduction*. Lea & Febiger.
- Nebel, R. (2008). *Manual de inseminación artificial en bovinos*. Select Sires Reproduction.
- Palomino, M. H. (2000). *Bioteología del trasplante y micromanipulación de embriones de bovinos y camélidos de los Andes*. AFA Editores Importadores.
- Stringfellow, D. A., & Seidel, S. M. (Editors). (1998). *Manual of the International Embryo Transfer Society: A procedural guide and general information for the use of embryo transfer technology emphasizing sanitary procedures* (3rd ed.). International Embryo Transfer Society.
- Thompson, R. (2005). *Transferencia de embriones: biotecnología de punta. Recientes avances en el desarrollo de sistemas de cultivos definidos*. Instituto de Reproducción Animal de Córdoba.
- Zapién, S. A. (1990). *Transferencia de embriones: uso e impacto en la ganadería de leche*. Ariel.