

Análisis técnico-económico de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (OVSYNCH®) en comparación con celo detectado en vacas Holstein

Technical-economic analysis of a protocol of timed artificial insemination (OVSYNCH®) in comparison with detected estrus in Holstein cows

Segundo Gamarra C.¹; Próspero Cabrera V.²

Resumen

Los objetivos de la investigación fueron: 1) comparar la tasa de fertilidad y preñez en vacas Holstein obtenidas con el protocolo de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) Ovsynch o con la Inseminación Artificial a Celo Detectado (IACD), y 2) calcular el valor actual neto (VAN) del uso del Ovsynch y de la IACD. Los animales experimentales fueron del establo lechero de la Unidad Experimental de Zootecnia (UEZ)-Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). El protocolo Ovsynch consistió en: 0.02 mg (i.m.) de buserelina (GnRH) en el día 0, 1.25 mg (i.m.) de cloprostenol (PGF_{2α}) en el día 7, y una segunda dosis de buserelina (0.02 mg/i.m.) en el día 9. Entre las 16 y 18 horas después del último tratamiento, se realizó la IATF. Las vacas diagnosticadas no preñadas después de la IATF fueron inseminadas a CD. En el programa IACD, las vacas recibieron IA basado en el primer celo detectado, después de un periodo de espera voluntario de 45 días. Para el análisis económico se incluyeron costos asociados a la mano de obra, productos para la sincronización, semen, días abiertos y saca. Se realizó un análisis de sensibilidad para aquellas variables que tienen efecto en el total de costos por preñez en el VAN. Para los programas IACD y Ovsynch, los intervalos parto primer servicio (120.4 ± 45.48 vs. 150.7 ± 66.94 días) y parto concepción (225.4 ± 100.4 vs. 203.9 ± 90.5 d) fueron diferentes ($p=0.0001$), mientras que en el intervalo entre partos (499.04 ± 100 vs. 477.5 ± 90.5 d) no mostraron diferencias ($p=0.1602$), respectivamente. La tasa de concepción al primer servicio para Ovsynch fue más alta ($p=0.001$) comparada con IACD (30.8 vs. 15.6 %). Sin embargo, cuando la tasa de concepción general del Ovsynch fue comparada con la de IACD, no hubo diferencia (30.8 vs. 28.2%). La tasa de preñez fue más baja para IACD (16.7%) que para Ovsynch (30.8%). El programa reproductivo Ovsynch mostró más alto VAN que IACD, bajo las condiciones de la UEZ. Los costos de ambos programas reproductivos fueron sensibles a los costos laborales.

Palabras clave: vaca lechera; Ovsynch; performance reproductiva; Valor Actual Neto.

Abstract

The objectives of the research were to: 1) compare fertility and pregnancy rates in Holstein cows obtained with timed artificial insemination (TAI; Ovsynch) or artificial insemination at detected estrus (AIDC), and 2) calculate the net present value (NPV) of the use of Ovsynch and the AIDC. The experimental animals were housed at the Animal Science Experimental Unit, college of Animal Husbandry-UNALM. The Ovsynch protocol consisted of: 0.02 mg (i.m.) of buserelin (GnRH) on day 0, 1.25 mg (i.m.) of cloprostenol (PGF_{2α}) on day 7, and a second buserelin dose (0.02 mg / im) on day 9. Between 16 to 18 hours after the last treatment TAI was performed. Cows that failed to conceive after TAI were subsequently inseminated after detecting estrus. In the AIDC program, cows underwent AI based at the first detected estrus, after a voluntary waiting period of 45 days. The economic analysis included costs associated with labor, synchronization products, semen, open days, and culling. Sensitivity analysis was carried out for those variables that impact the total cost per pregnancy on the NPV. For the AIDC and Ovsynch programs, the intervals between calving to first service (120.4 ± 45.48 vs. 150.7 ± 66.94 days), and calving to conception (225.4 ± 100.4 vs. 203.9 ± 90.5 d) were different ($p=0.0001$), while calving interval (499.04 ± 100 vs. 477.5 ± 90.5 d) showed no difference ($p=0.1602$), respectively. Conception rate at first service for Ovsynch was higher ($p=0.001$) compared to AIDC (30.8 vs. 15.6 %). However, when the overall Ovsynch conception rate was compared to AIDC, there was no difference (30.8 vs. 28.2%). The pregnancy rate was lower for AIDC (16.7%) than for Ovsynch (30.8%). The reproductive program Ovsynch showed higher NPV than AIDC under management conditions of the Animal Science Experimental Unit. The costs of both reproductive programs were sensitive to labor costs.

Keywords: dairy cow; Ovsynch; reproductive performance; Net Present Value.

1. Profesor Asociado de la Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima (Perú). Email: sggc@lamolina.edu.pe

2. Profesor Principal de la Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima (Perú). Email: proceccavi@lamolina.edu.pe

1. Introducción

El rendimiento reproductivo de un hato lechero está íntimamente ligado a la rentabilidad integral de las explotaciones lecheras comerciales en nuestro país. En los últimos años, el manejo reproductivo ha recibido mucha atención con nuevas tecnologías y programas desarrollados para mejorar la eficiencia reproductiva en vacas y vaquillonas. La eficiencia reproductiva, así como también la fertilidad ha disminuido debido a una correlación negativa con la producción de leche. El comportamiento reproductivo en una explotación lechera afecta directamente la rentabilidad del hato lechero a través de la producción de leche por vaca/día, del número de reemplazos disponibles y de las tasas de saca voluntaria o involuntaria de animales. En la actualidad, se vienen aplicando diversas tecnologías reproductivas, entre ellas los protocolos de sincronización de celo-ovulación e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) como el Ovsynch®. La eficiencia reproductiva juega un papel importante en la viabilidad económica de la industria lechera. De Vries (2007) reportó que un aumento de un punto porcentual en la tasa de preñez (TP), se valora entre \$ 22 y \$ 35/vaca/año, cuando la TP varía de 15 a 19 por ciento. La pobre detección de celos en gran medida afecta el desempeño reproductivo y la rentabilidad de las vacas lecheras en lactación (Pursley, Jr., Kosorok, Mr. y Wiltbank, Mc., 1997a). Son varios los trabajos que concuerdan con el hecho que la detección de celo es limitante para la eficiencia reproductiva y es el condicionante de mayor importancia para el uso de la IA como biotecnología reproductiva (Nebel, 1997 y De Luca, 2005), viéndose afectada la meta de un ternero/vaca/año e incrementándose el intervalo entre partos. La implementación de los protocolos de sincronización de celo-ovulación e IATF como el Ovsynch®, mejora la tasa de fertilidad en establos de alta producción, como se observa en diversas investigaciones realizadas a lo largo de los últimos años (Stevenson, Js., Kobayashi, Y. y Thompson, K., 1998 y Souza *et al.*, 2007); para ello debe considerarse un manejo alimentario adecuado de las vacas evaluadas.

Para comparar y evaluar técnica y económicamente el protocolo Ovsynch® con la IA a celo detectado (IACD), es necesario basarse en los efectos que se puedan medir. Por el lado de los beneficios, número de vacas preñadas dentro de un marco de tiempo aceptable. Por el lado de los costos, la cantidad de medicamentos y tratamientos y el número de IA para lograr las tasas de preñez. Hasta el momento, los datos sobre esta situación son limitados, por lo tanto se hace necesario comparar la eficiencia reproductiva y el beneficio económico del Ovsynch® y de la IACD.

Los objetivos de este estudio fueron: 1) evaluar la tasa de fertilidad a través del intervalo parto primer servicio, parto concepción o días abiertos, intervalo entre partos, tasa de concepción y tasa de preñez obtenida con el protocolo de IATF Ovsynch® o con IACD y 2) calcular, comparar y analizar económicamente los programas reproductivos utilizados a través del Valor Actual Neto.

2. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el Establo Lechero de la Unidad Experimental de Zootecnia (UEZ) de la Facultad de Zootecnia, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM); distrito de La Molina, provincia de Lima (Perú), a una altitud de 184 msnm, con una temperatura promedio anual de 19,2 °C y con una humedad relativa del 73 por ciento. La UEZ cuenta con 234 bovinos en promedio; de estos, 113 son vacas, criadas de forma intensiva, con una alimentación basada en una ración balanceada más forraje de maíz verde o ensilado. El promedio de leche por campaña es de 8,500 kg a 305 días, con un periodo de seca en promedio de 101 días. La detección de celo se realiza seis veces al día, con una duración de una hora por vez, en horarios de mañana, tarde, noche y madrugada. A las vacas inseminadas a la detección de celo, la primera inseminación se realiza después de finalizado el periodo de espera voluntaria de 45 días. El diagnóstico de preñez (DP) es por palpación rectal entre los 50 a 60 días después de la IA.

El protocolo Ovsynch® consistió en: 0.02 mg (i.m.) de buserelina (GnRH) en el día 0, 1.25 mg (i.m.) de cloprostenol (PGF_{2α}) en el día 7 y una segunda dosis de buserelina (0.02 mg/i.m.) en el día 9. Entre las 16 y 18 horas después del último tratamiento se realizó la IATF. Las vacas diagnosticadas no preñadas después de la IATF fueron inseminadas a celo detectado.

Parámetros reproductivos evaluados

Se evaluó el Intervalo Parto-Primer Servicio, Intervalo Parto Concepción o Días abiertos, Intervalo entre Partos, Número de Servicios por Concepción, Tasa de Fertilidad/Concepción al Primer Servicio y General y Tasa de Preñez para Ovsynch® e IACD, respectivamente, para el periodo 2009-2011.

Consideraciones económicas

Se utilizó Excel (Microsoft, Seattle, WA) para determinar los costos específicos que están asociados al logro de los diversos niveles de performance reproductiva. Los supuestos básicos para la Tasa de Concepción (TC), costos por IA, tiempo dedicado a la detección de celo por día, tiempo requerido para aplicar una inyección, y los costos por inyección de GnRH y PGF_{2α} fueron obtenidos de los registros de la UEZ. El tiempo requerido para

administrar inyecciones es un componente importante del costo y está en función de las instalaciones y del nivel de habilidad. Del mismo modo, los costos del programa CD varían dependiendo de los costos laborales por hora y la eficiencia con que los celos son detectados (Olynk y Wolf, 2008 y 2009). Para el cálculo de los costos de los programas IACD e IATF, determinar el Flujo de Caja Neto y para el Valor Actual Neto (VAN), se utilizaron las fórmulas propuestas por Olynk y Wolf (2008 y 2009). Los análisis de sensibilidad se realizaron para los costos laborales, minutos requeridos por inyección, TC y eficiencia laboral para la detección de celo, manteniendo todas las demás variables constantes. La eficiencia laboral en la detección de celo fue alterada manteniendo la tasa de IA constante, mientras se modificaban las horas de trabajo requeridas para lograr aquella performance. La eficiencia en la aplicación de inyecciones se modificó mediante el ajuste de minutos de trabajo necesarios por inyección. Además, la sensibilidad para los costos laborales por hora fue evaluada para determinar qué programa tuvo el mayor VAN esperado, manteniendo todas las demás variables constantes. Los valores de referencia usados para TC fueron de 28.3 y 30.8 por ciento, para DC y Ovsynch®, respectivamente. La tasa de IA fue de 100 por ciento bajo protocolo de sincronización. Una tasa de IA de 61.6 por ciento fue asumida en CD. Para evaluar la sensibilidad a la eficiencia laboral, las horas de trabajo necesarias para lograr la tasa de IA fueron variadas. El costo por IA fue de S/. 19.79, el tiempo dedicado a la detección de celo fue de 6 horas de trabajo/día (que, asumiendo un tamaño de 104 vacas, sería de 3.5 min/vaca), 6 min requerido para aplicar una inyección y los costos por inyección de GnRH y PGF_{2α} fueron de S/. 4.05 y S/. 12.06, respectivamente.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con SPSS (versión 19, SPSS Inc. Munich, Alemania). La TP y la TC se compararon entre los sistemas de manejo reproductivo mediante el análisis de Chi cuadrado. Los días del primer servicio y los días abiertos fueron comparados mediante U-test (Mann-Whitney).

3. Resultados y discusión

Intervalo Parto – Primer Servicio (IPPS)

En la Tabla 1 se observa que el IPPS a CD presenta un promedio de 120.42 ± 45.48 días y una mediana de 108 días; además, un 25 por ciento de los valores del IPPS-CD se encuentra por debajo de los 85 días y un 50 por ciento de estos valores está por debajo de 108 días. Para el IPPS del OVS en la Tabla 1 se observa que presenta un promedio de 150.72 ± 66.94 días y una mediana de 138 días; además un 25 por ciento de estos valores se encuentran por debajo de los 94 días y un 50 por ciento lo está por debajo de 138 días. El análisis estadístico evidenció diferencia ($p=0.0001$) entre los dos programas de manejo reproductivo.

El promedio del IPPS encontrado para CD es mayor a lo reportado por varios autores cuyo rango va desde 75 a 109.2 días (Mellisho, 1998; Evaristo, 1999; Villarroel 2006 y Ortiz, D., Camacho, J. y Echevarría, L. 2009, en Lima; Pursley *et al.* 1997^a, en Wisconsin-EUA). Pero es menor a lo reportado por García, M., Goodger, W., Bennett, T. y Perera, Bmao (2001) con 121.5 días como promedio de 14 países de Asia y América Latina, entre ellos el Perú. En lo que respecta al promedio IPPS encontrado para Ovsynch® es mayor a lo reportado por Pursley *et al.* (1997b) y Pursley *et al.* (1997a).

El IPPS está influenciado por factores de manejo como el Período de Espera Voluntario postparto (PEV), Condición Corporal (CC), Balance Energético Negativo (BEN), estación del parto, volumen de producción láctea, manejo de la involución uterina y una buena observación del celo postparto, etc. (Echevarría, L., Huanca, W. y Delgado, A., 2002). En casos de IPPS largos como en el presente estudio, pueden estar involucrados extensos periodos de anestro postparto, problemas de expresión de signos de celo, fallas en la detección de celos o mal manejo de los registros o fallas en el momento de la IA (Silva, HM., Wilcox, CJ., Thatcher, W., Becker, RB. y Morse, D., 1992). Sepúlveda (2001) indica como meta que el 85% de las vacas deben ser observadas en celo dentro de los 60 días después del parto.

Tabla 1. Intervalo parto-primer servicio (IPPS) de vacas lecheras de la UEZ (2009-2011)

Ítem	Intervalo Parto a Primer Servicio (días)		
	Celo detectado IPPS-CD	Ovsynch® IPPS-OVS	General
Datos evaluados	199	144	343
Promedio	120.42 ^a	150.72 ^b	133.14
Mediana	108.00 ^a	138.00 ^b	119.00
Máximo	285.00	298.00	298.00
Mínimo	46.00	40.00	40.00
Rango	239	258	258
Desviación Estándar	45.48	66.94	57.41
Variación	2068.8	4480.6	3295.5
Coefficiente de variación (%)	37.77	44.41	43.12

Nota: letras iguales indican que no hay diferencias significativas ($p=0.0001$)

Intervalo Parto – Concepción (IPC) o Días Abiertos

En la Tabla 2 se observa que el IPC para CD presenta un promedio de 225.44 ±100.40 días y una mediana de 221.50 días; además, un 25 por ciento de los valores del IPC-CD se encuentra por debajo de los 147 días y un 50 por ciento por debajo de los 221 días.

Para el IPC-OVS en la Tabla 2 se observa que presenta un promedio de 203.9 ± 90.50 días y una mediana de 188.0 días; además, un 25 por ciento de estos valores se encuentra por debajo de los 124 días y un 50 por ciento por debajo de 188 días. En el análisis estadístico se evidenció diferencia (p=0.0001) entre el IPC-CD y el IPC-OVS.

El promedio del IPC-CD es mayor a lo reportado por diversos autores cuyo rango va desde 101 a 146 días (Mellisho, 1998; Villarroel, 2006 y Ortiz *et al.*, 2009, en Lima; Pursley *et al.*, 1997a, en Wisconsin y DHIA Programa de California, 1999, ambos en EUA) y también González, F., Bas, F., Caceres, N. y Rahaussen, E. (2001) con un rango de 72.35 a 101.07 días y García *et al.* (2001) con 137.6 días en Asia y América Latina. Con respecto al valor encontrado para Ovsynch® es mayor al reportado por Pursley *et al.* (1997a) con 99 días, que por Lean *et*

al. (2003) con 67.3 y 74.8 y también por los otros autores mencionados líneas arriba. Risco y Archibald (2005) consideran que si los días abiertos son excesivos y no existen mayores problemas de enfermedades infecciosas, es posible que la detección de celos o la tasa de concepción sean las causantes de estos incrementos, pero en este caso también se aunarían como causas la presencia de mastitis y de metritis.

Intervalo Entre Partos (IEP)

En la Tabla 3 se observa que el IEP para CD presenta un promedio de 499.04 ± 100.04 días y una mediana de 495.10 días; además, un 25 por ciento de los valores del IEP-CD se encuentra por debajo de los 420 días y un 50 por ciento de estos valores está por debajo de los 495 días. Para el IEP-OVS en la Tabla 3 se observa que presenta un promedio de 477.5 ±90.5 días y una mediana de 461.6 días; además, un 25 por ciento de estos valores se encuentra por debajo de los 397 días y un 50 por ciento lo está por debajo de 461.6 días. En el análisis estadístico no se evidenció diferencia (p=0.1602) entre el IEP-CD y el IEP-OVS.

El promedio del IEP-CD es mayor a los reportados por varios autores cuyo rango va desde 12.9 a 15.5 meses:

Tabla 2. Intervalo parto – concepción (IPC) o días abiertos de vacas lecheras de la UEZ (2009-2011)

Ítem	Días parto a concepción		
	Celo detectado IPC-CD	Ovsynch® IPC-OVS	Promedio general IPC-GEN
Datos evaluados	136	71	207
Promedio	225.44 ^a	203.9 ^b	218.06
Mediana	221.50 ^a	188.0 ^b	213.00
Máximo	452.00	429.0	452.00
Mínimo	63.00	57.0	57.00
Desviación Estándar	100.40	90.5	97.43
Coefficiente de variación (%)	44.54	44.37	44.68

Nota: letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

Tabla 3. Intervalo entre partos (IEP) de las vacas lecheras de la UEZ (2009-2011)

Ítem	Intervalo entre partos Días (meses)		
	Celo detectado IEP-CD	Ovsynch® IEP-OVS	Promedio General IEP-GEN
Datos evaluados	436	185	621
Promedio	499.04 ^a (16.4)	477.5 ^a (15.7)	491.66 (16.2)
Mediana	495.10 ^a (15.95)	461.6 ^a (15.18)	486.60 (16.01)
Máximo	725.60 (23.87)	702.6 (23.11)	725.60 (23.87)
Mínimo	336.60 (11.07)	330.6 (10.88)	330.60 (10.88)
Desviación Estándar	100.40	90.5	97.43
Coefficiente de variación (%)	20.12	18.95	19.82

Nota: letras iguales entre tratamientos indican que no hay diferencias significativas (p>0,05)

Mellisho (1998), Villarroel (2006), Ortiz *et al.* (2009) y el Servicio Oficial de Productividad Lechera (2011) en Lima; Pursley *et al.* (1997a) en Wisconsin, DHIA Programa de California (1999), Fricke (2001b), en EUA. Con respecto al promedio encontrado para Ovsynch® es mayor al reportado por Pursley *et al.* (1997a) con 12.3 meses, Villarroel (2006) con 13.5 meses, Fricke (2001b) con 13 a 14 meses como también los otros autores mencionados líneas arriba.

Número de Servicios por Concepción (NSC)

El NSC fue de 2.17 y 2.13 para Ovsynch® y CD, respectivamente, en vaquillas, con un promedio general de 2.1 servicios por concepción (n=297); para las vacas fue de 3.25 y 3.54 para Ovsynch® y CD, respectivamente, con un promedio general de 3.45 servicios por concepción (n=621). El NSC en vaquillas y en vacas no difiere (p=0.947) en Ovsynch® y CD (Tabla 4). Las vaquillas presentaron un menor NSC comparado con las vacas, tanto para Ovsynch® como para CD, esto podría deberse a que las vacas lactantes expresan el comportamiento estral en forma menos intensa, comparadas con las vaquillas, las cuales tienen un período de celo más largo y presentan una mayor actividad de monta (Lormore, 2005).

Los valores encontrados para NSC en este trabajo, son mayores a los reportados por Villarroel (2006) con 2.0 y 1.6 para Ovsynch® y CD en vaquillas, respectivamente, con un promedio general de 1.7; para las vacas fue de 3.2 y 3.0 para Ovsynch® y CD respectivamente, con

un promedio general de 2.7. Asimismo, los valores encontrados, en general, a CD son mayores que los hallados por Mellisho (1998) con 3.48 servicios y Ortiz *et al.* (2009) con 2.41 servicios, en Lima. Con respecto al Ovsynch®, los resultados encontrados para vaquillas y vacas están dentro de los rangos reportados por Jobst, SM., Nebel, RL., Mcgilliard, ML. y Pelzer, KD. (2000), Lean *et al.* (2003), Fricke (2003a) y Fricke (2003b). El NSC se ve influenciado por una buena detección de celo para inseminar vacas que están realmente aptas y de la habilidad del inseminador, esto podrá explicar esta diferencia. Risco, C. y Archibald, L. (2005) manifiestan que los niveles de concepción pueden variar hasta en un 22 por ciento dependiendo de los inseminadores.

Tasa de Concepción al Primer Servicio (TCPS)

La TCPS fue de 30.81 por ciento y 15.6 por ciento para Ovsynch® y CD respectivamente, con un promedio general de 23.4 por ciento (n=364). A la prueba de Chi-cuadrado, se evidenció diferencia (p=0.001) entre los dos programas de manejo reproductivo (Tabla 5).

El bajo porcentaje alcanzado en la TCPS en CD puede deberse a una falla en la detección de celos ya que si se insemina vacas que no están en celo o están en un momento inadecuado, da lugar a fallas en la concepción. La baja eficiencia en la detección de celo es probablemente el factor más simple e importante que afecta esta tasa o cualquier otro intervalo (Risco *et al.* 2005, Wattiaux, 2004). La ineficiencia en la detección

Tabla 4: Valores promedios del número de Servicios por Concepción en las vacas de la UEZ (2009-2011)

Ítem	Vaquillas			Vacas		
	Ovsynch®	Celo detectado	Promedio General	Ovsynch®	Celo detectado	Promedio General
Número de animales servidos	26	271	297	185	436	621
Número de animales preñados	12	127	139	57	123	180
Servicios por Concepción ¹	2.17 ^a	2.13 ^a	2.1	3.25 ^a	3.54 ^a	3.45

¹Servicios por Concepción= Número de animales servidos / Número de animales preñados. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

Tabla 5. Tasa de concepción al primer servicio (TCPS) de las vacas de la UEZ (2009-2011)

Ítem	Vacas		
	Ovsynch®	Celo detectado	General
Número de servicios	185	179	364
Número de servicios positivos	57	28	85
Tasa de Concepción al primer servicio ¹	30.81 ^a	15.6 ^b	23.4

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

¹Tasa de concepción= Número de animales preñados / Número de animales servidos.

de celo no solo afecta la TC si no también incrementa el IPPS y el intervalo entre servicios, de 40 a 50 días (Fricke, 2001a). Se considera que un nivel de detección de celo de 70% es lo óptimo para conseguir una adecuada eficiencia reproductiva (Risco *et al.*, 2005).

Las TCPS encontradas en el presente trabajo son menores a las reportadas por Pursley *et al.* (1997b) con 39 y 37 por ciento para vacas control y tratadas respectivamente; García *et al.* (2001) con 40.9 por ciento; Ortiz *et al.* (2009) con 55.4, 46.1, 47.9 y 40.9 por ciento para cuatro establos de la cuenca de Lima y con un promedio de cuenca de 46.1 por ciento.

Tasa de Concepción Global (TCG)

La TCG fue de 46.2 y 46.9 por ciento para Ovsynch® y CD respectivamente en vaquillas, con un promedio general de 46.8 por ciento (n=297), para las vacas fue de 30.8 y 28.2 por ciento para Ovsynch® y CD respectivamente, con un promedio general de 29 por ciento (n=621). A la prueba de Chi-cuadrada, no se evidenció diferencia entre los dos programas de manejo reproductivo (Tabla 6). Sin embargo, a pesar de no tener diferencia estadística entre los dos programas, en lo que respecta a vaquillas, hay cierta tendencia a una diferencia numérica a favor de celo detectado y esto es corroborado por lo reportado por varios autores. La explicación que dan los investigadores a las bajas tasas de fertilidad, cuando el protocolo Ovsynch® es aplicado a vaquillas, es que el crecimiento folicular es más rápido en vaquillas que en vacas y la longitud de la onda folicular parece ser más larga en vaquillas, produciéndose una asincronía entre los efectos de la aplicación hormonal y el desarrollo folicular (Pursley *et al.*, 1997b).

Los valores encontrados para la TCG, en este trabajo, son menores a los citados por Pursley *et al.* (1997b) con 74.4 y 35.1 por ciento para vaquillas control y Ovsynch® y 38.9 y 37.8 por ciento para vacas control y Ovsynch®, respectivamente; por Wiltbank (2000) quien indica una tasa de fertilidad en vaquillas entre los 28 y 32 días de gestación de 70 por ciento y por Fricke (2001b) quien reporta tasas mayores a 50 por ciento para vaquillas y cerca del 40 por ciento para las vacas. Cabe aclarar que en estos casos el diagnóstico de preñez fue realizado entre

los 28 y 32 días y en nuestro caso se realizó entre los 50 y 60 días.

Por otro lado, Villarroel (2006) reportó para vaquillas 51.0 y 63.5 por ciento para Ovsynch® y CD, y para vacas 40.1 y 34.3 por ciento para Ovsynch® y CD, respectivamente, datos que son superiores a los encontrados en este trabajo. Así, también otros autores trabajando con Ovsynch® como Fricke (2003b) reportaron un 30 por ciento para vacas acíclicas y 45.8 por ciento para vacas cíclicas; Lean *et al.* (2003) reportó 44.4 por ciento para rebaños con estación reproductiva definida, Fricke (2003a) encontró 40.9 por ciento y Fricke (2003b) un 37.5 por ciento para vacas, todos estos reportes son superiores a nuestros resultados para TCG logradas con Ovsynch®.

Tasa de preñez (TP)

La TP se obtiene multiplicando la tasa de detección de celos por la TC. En los hatos donde se practica IATF (Ovsynch®), la tasa de detección de celos se reemplaza por la tasa de servicios (Olynk y Wolf 2008). En este estudio la TP fue de 46.2 y 30.8 por ciento para Ovsynch® en vaquillas y vacas, y para CD fue de 29.1 y 16.7 por ciento para vaquillas y vacas, respectivamente (Tabla 7). En el análisis se observa una clara diferencia entre los programas reproductivos y esto se debe a que en Ovsynch® se sirven a todos los animales sincronizados, en cambio en CD se sirven los animales a celo visto. Una buena TP es 25 por ciento, siendo 35 por ciento lo óptimo. Con una TP por debajo de 20 por ciento es difícil mantener el tamaño del hato con una saca típica de 25 a 35 por ciento. Si la TP es baja, los días promedio en lactación serán altos. En consecuencia, el hato tendrá un menor promedio de producción porque se mantendrá permanentemente en un estado de lactación tardía, esto es, en la parte baja de la curva de lactación y también habrá menos partos en el año, esto es lo que se observa en el caso estudiado.

Los valores encontrados en este trabajo para la TP en vaquillas con Ovsynch®, son mayores a los reportados por Villarroel (2006) quien encontró un 42.09 por ciento para esta categoría. Villarroel (2006) también reporta un 33.09 por ciento para vacas en Ovsynch® y para vaquillas y vacas un 41.27 y 22.29 por ciento para CD, respectivamente.

Tabla 6. Tasa de Concepción Global (TCG) de las vacas de la UEZ (2009-2011).

Ítem	Vaquillas			Vacas		
	Ovsynch®	Celo detectado	General	Ovsynch®	Celo detectado	General
Número de servicios	26	271	297	185	436	621
Número de servicios positivos	12	127	139	57	123	180
Tasa de Concepción ¹	46.2 ^a	46.9 ^a	46.8	30.8 ^a	28.2 ^a	29

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

¹Tasa de concepción= Número de animales preñados /Número de animales servidos.

Tabla 7. Tasa de Preñez (TP) de las vacas de la UEZ (2009-2011)

Ítem	Ovsynch®		Celo detectado	
	Vaquillas	Vacas	Vaquillas	Vacas
Tasa de detección de celo	100	100	62	59.1
Tasa de Concepción	46.2	30.8	46.9	28.2
Tasa de Preñez ¹	46.2	30.8	29.1	16.7

¹Tasa de Preñez = (Tasa de detección de celo *Tasa de Concepción)/100

Análisis económico de los programas de manejo reproductivo

Los valores de referencia usados para el análisis económico fueron: TC de 28.2 y 30.8 por ciento, para CD y Ovsynch®, respectivamente. Una tasa de IA de 59.1 por ciento fue asumida en CD, aunque las horas de trabajo necesarias para lograr la tasa de IA fueron variadas para evaluar la sensibilidad a la eficiencia laboral. El costo por IA en CD fue de S/. 113.49 y el tiempo dedicado a la detección de celo fue de 6 horas de trabajo/día (asumiendo un tamaño de 100 vacas, sería 3.5 min/vaca), 6 minutos requeridos para aplicar una inyección y los costos por inyección de GnRH y PGF2 α de S/. 4.05 y S/. 12.63, respectivamente (Tablas 8 y 9). En promedio, los animales fueron observados para celo 6 veces/día. Esta

frecuencia de observación para detección de celos fue mayor a la de Caraviello *et al.* (2006), quienes reportaron que las vacas fueron controladas para celo 2,8 veces/día durante la semana y 2,5 veces/día los fines de semana. Además, Stevenson (2003) indica, en una encuesta de rebaños élite lecheros, que las vacas se observaron para celo, en promedio, 3,1 veces/día. El tiempo promedio de permanencia observando las vacas fue de 60 min/observación. Resultados de encuestas realizadas por Caraviello *et al.* (2006) indicaron que las vacas fueron observadas durante 27 minutos los días laborables y 25 minutos los fines de semana.

El costo de la PGF2 α fue de S/.12.63/dosis y para la GnRH fue de S/. 8.10/dosis total, estos costos están dentro de los rangos reportados por Nebel y Jobst (1998)

Tabla 8. Valor de las variables para determinar el costo del programa reproductivo Celo Detectado (CD) en las vacas de la UEZ (2009-2011)

Variable	Valor
Minutos para la detección de celo por observación de un grupo de vacas (min.)	60.00
Número de veces que el grupo es observado por día (N° de veces).	6.00
Número de días de un periodo de reproducción simple (N° de días)	21.00
Costo de la mano de obra para realizar la detección de celo (S/. / min).	0.103
Número de vacas en el grupo (N°).	100.00
Costo por período por vaca de la ayuda de detección de celo utilizado (S/.).	4.00
Costo de una inseminación artificial (S/.).	113.49
Tasa de sumisión a IA (%).	59.10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Valor de las variables para determinar el costo del programa reproductivo Ovsynch® en las vacas de la UEZ (2009-2011)

Variable	Valor
Costo de la GnRH por inyección (S/.)	4.05
Número de inyecciones de GnRH administradas	2.00
Costo de la PGF2 α por inyección (S/.)	12.63
Número de inyecciones de PGF2 α administradas	1.00
Minutos para aplicar una sola inyección	6.00
Número total de inyecciones en la secuencia	3.00
Costo de mano de obra (S/. /min) para aplicar inyecciones	0.103
Costo de una inseminación artificial (S/.)	21.49
Tasa de sumisión a IA	100.00

Fuente: Elaboración propia.

cuyo costo para PGF2a fue en promedio de \$ 3.30/dosis, con un rango de \$ 2,50 a \$ 5.50/dosis, y de la GnRH el costo promedio fue de \$ 7.27/dosis, con un rango de \$ 4,50 a \$ 14.00/dosis (Tabla 9). El tiempo utilizado para aplicar las inyecciones fue de 6 minutos en promedio, tiempo que está por encima del reportado por Olynk y Wolf (2008) que fue de 2,1 minutos, con un rango que va desde 17 segundos, cuando se pusieron las inyecciones a las vacas en la sala de ordeño, a 10 min, cuando a las vaquillas había que sujetarlas en el corral con un bozal. La tasa de pago promedio para los trabajadores contratados fue de S/. 6.17/ h. Un rango de valores para el costo de oportunidad de mano de obra de S/. 5.35 a S/. 10.28/hora se utilizó para evaluar la sensibilidad de los programas reproductivos a los costos laborales.

Para los programas de manejo reproductivo CD y Ovsynch®, se calculó el flujo de caja y el VAN esperado (Tabla 10). Se encontró que el VAN del Ovsynch® es más

alto que el programa CD. Una de las razones por la cual el Ovsynch® se presenta como el mejor programa es que el costo reproductivo es más bajo (S/. 44.07), debido a que en este programa se utiliza el semen de menor precio, lo que no sucede con CD que utiliza semen más caro, por lo tanto el costo reproductivo es más alto (S/. 78.81).

El análisis de sensibilidad a los programas CD y Ovsynch® se muestran en el Tabla 11 y en la **Fig. 1**; se observan los costos del programa CD y Ovsynch®, asumiendo un tamaño de grupo de 100 vacas. Se muestran costos laborales que van desde S/. 5.35 a S/. 10.28 por hora; una tasa de sumisión de IA de 65 por ciento lograda con 3 horas de trabajo por día, comparada con 6 horas de trabajo por día para CD. Los periodos de reproducción asumidos fueron de 21 días para CD. La diferencia entre el VAN esperado para los 2 programas de CD, pone de relieve que la eficiencia del trabajo en la detección de celo, hace la selección del programa. El escenario en

Tabla 10. Valor de las variables para determinar el flujo de caja y VAN de los programas reproductivos Ovsynch® y celo detectado en las vacas de la UEZ (2009-2011)

Variable	Ovsynch®	Celo detectado
-Costos del programa, por cada sincronización o por cada detección de celo por vaca por período (S/.)	22.58	7.47
-TC de la IA (%)	30.80	28.20
-Costo de alimentación y alojamiento por período de vaca no preñadas = (S/. por día × por días, del período) (S/.)	187.32	187.32
-Costo del programa de j, donde j es el programa de reproducción usado en la vaca (S/.)	44.07	78.81
-RPO en el tiempo T para una vaca abierta (S/.)	2554.60	2929.80
-RPO en el tiempo T para una vaca preñada (S/.)	4119.70	4423.00
- ¹ Tasa de descuento (%)	10.00	10.00
-VAN	996.00	917.50

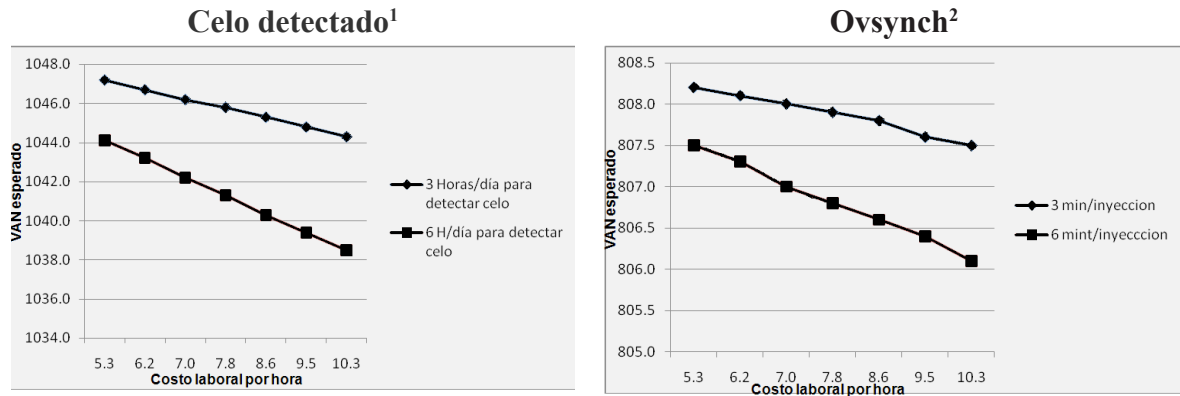
TC: Tasa de Concepción; IA: Inseminación Artificial; RPO: pago por retención; VAN: Valor Actual Neto; ¹Tasa de descuento señalada por el Ministerio de Economía y Finanzas.

Tabla 11. Valor Actual Neto (VAN) de los Programas de Manejo Reproductivo en las vacas de la UEZ

Costo laboral/mes S/.	Costo laboral/hora S/.	VAN Ovsynch ¹		VAN Celo Detectado ²	
		3 min. por inyección	6 min. por inyección	3 horas por día	6 horas por día
2500	10.28	807.5	806.1	1044.3	1038.5
2300	9.46	807.6	806.4	1044.8	1039.4
2100	8.63	807.8	806.6	1045.3	1040.3
1900	7.81	807.9	806.8	1045.8	1041.3
1700	6.99	808.0	807.0	1046.2	1042.2
1500	6.17	808.1	807.3	1046.7	1043.2
1300	5.35	808.2	807.5	1047.2	1044.1

¹Ovsynch® con 31 por ciento de TC y con un costo por IA de 113.49.

²Celo Detectado con 31 por ciento de TC, una Tasa de Detección de Celo de 65 por ciento y con un costo por IA de 113.49.



¹/Celo Detectado con 31 por ciento de TC, una Tasa de detección de celo de 65 por ciento y con un costo por IA de 113.49. ²/Ovsynch con 31 por ciento de TC y con un costo por IA de 113.49.

Figura 1. Valor Actual Neto (VAN) de los Programas de Manejo Reproductivo en las vacas de la UEZ

el que una tasa de IA de 65 por ciento es obtenida en 3 horas por día (mano de obra), muestra mayores niveles de eficiencia de trabajo en la detección de celo que usando 6 horas por día, para alcanzar la misma tasa de IA de 65 por ciento. Adicionalmente, los escenarios Ovsynch® en el que una TC de 31 por ciento es lograda con 3 a 6 minutos por inyección, son proporcionados para la comparación (Fig. 1). Del mismo modo que en el escenario anterior, el tiempo utilizado para aplicar las inyecciones afecta los costos laborales totales asociados al programa.

Basado en los diferentes costos laborales por mes, se calcularon los VAN para determinar el programa con el mayor VAN esperado, manteniendo los demás parámetros constantes. En la Fig. 1, es evidente que el Ovsynch® que utiliza una mayor cantidad de trabajo, tiene mayor VAN a bajos costos laborales, mientras que los programas a CD tienen mayor VAN en altos costos laborales. Al observar el programa CD, en el que se consigue una tasa de IA de 65 por ciento, con mano de obra de 3 horas por día, observamos que el programa produce un mayor VAN que el Ovsynch® con aplicaciones que toman 3 minutos si los costos laborales están alrededor de S/. 10.3 por hora. Si las aplicaciones para el Ovsynch® toman 6 minutos, el programa CD sigue siendo el programa con mayor gasto, cuando los costos laborales están aproximadamente en S/. 10.3 por hora.

Las sensibilidades relativas a los costos laborales de los programas de manejo reproductivo pueden ser observadas al comparar las pendientes de las líneas que representan los valores de CD frente al Ovsynch® (Fig.1). Cuando los costos laborales por hora aumentan, el VAN esperado de CD disminuye a una mayor velocidad que para el Ovsynch®, ilustrando el aumento de la sensibilidad de los programas CD para los costos laborales en comparación con el Ovsynch®. Además, se puede ver en la Fig.1 que la mejor eficiencia en la detección visual de celo tiene un mayor VAN. Esto apoya el argumento que la performance reproductiva a nivel de granja es importante para evaluar el programa de mayor valor para un establo en particular (Olynk y Wolf, 2008).

4. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir que el intervalo parto primer servicio fue menor en el programa Celo Detectado que en el Ovsynch®. El intervalo parto concepción o días abiertos fue menor en el Ovsynch® que en Celo Detectado, pero el intervalo entre partos y el número de servicios por concepción fueron similares en ambos programas reproductivos, pero estos resultados encontrados son mayores a los reportados previamente por otros autores.

La tasa de concepción al primer servicio fue mayor para Ovsynch® que para Celo Detectado, pero cuando se comparó la tasa de concepción general fueron similares, sin embargo ambas tasas son menores a las reportadas para vacas lecheras. La tasa de preñez, tanto para vaquillas como para vacas, fue mayor para Ovsynch® que para Celo detectado.

El VAN del programa reproductivo de inseminación a tiempo fijo Ovsynch® fue más alto que el del programa Celo Detectado, en las condiciones actuales del establo de la UEZ. También se observó que los costos de los programas reproductivos son sensibles a los costos laborales en el contexto de los escenarios descritos para ambos programas.

5. Literatura citada

- California DHIA Program. 1999.** *Cow summary* (text version). Disponible en: http://www.cdhia.org/Annual_Summaries/1999cows.html
- Caraviello, DZ.; Weigel, KA.; Fricke, PM.; Wiltbank, MC.; Florent, MJ.; Cook, NB.; Nordlund, KV.; Zwald, NR. y Rawson, CL. 2006.** Survey of management practices on reproductive performance of dairy cattle on large US commercial farms. *J. Dairy Sci.*, 89: 4723–4735.
- De Luca, L. 2005.** *Reproducción en Vacas Lecheras- Uso de Hormonas en el Tambo*. Laboratorios Burnet S.A. Disponible en: <http://www.engormix.com/MAGanaderia-leche/genetica/articulos/reproduccion-vacas-lecheras-uso-t565/103-p0.htm>

- De Vries, A. 2007.** Economic value of a marginal increase in pregnancy rate in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 90 (Suppl. 1), 423.
- Echevarría, L.; Huanca, W. y Delgado, A. 2002.** Identificación de las limitantes del comportamiento reproductivo y la eficiencia de la IA en ganado lechero de la zona de Lima. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 13(2): 18-27.
- Evaristo, R. 1999.** *Factores que afectan el intervalo parto-primer servicio en vacas lecheras de crianza intensiva.* (Tesis Bachillerato. Fac. Med. Vet.) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- FRICKE, PM. 2001a.** Entendiendo la Clave para una Reproducción Exitosa. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin. Disponible en: http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/productdownload/du_606.es_.pdf
- FRICKE, PM. 2001b.** *Estrategias Agresivas de Manejo para Mejorar la Eficiencia Reproductiva.* Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin. Disponible en: http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/productdownload/du_604.es_.pdf
- FRICKE, PM. 2003a.** *Monitoreando la Reproducción desde la puerta de Entrada.* Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin. Disponible en: http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/productdownload/du_609.es_.pdf
- FRICKE, PM. (2003b).** Manejo Reproductivo de Vacas de Alto Mérito Genético. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin. Disponible en: http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/productdownload/du_607.es_.pdf
- García, M.; Goodger, WJ.; Bennett, T. y Perera, Bmao. 2001.** Uso de un protocolo estandarizado en 14 países para identificar factores que afectan la eficiencia de los servicios de inseminación artificial en ganado bovino a través de análisis de progesterona. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 12(2): 164-178.
- González, F.; Bas, F.; Caceres, N. y Rahaussen, E. 2001.** Efecto de la sincronización con prostaglandina, en el postparto temprano, sobre el comportamiento reproductivo en vacas lecheras de alta producción. *Cien. Inv. Agr.*, 28(1): 15-22.
- Jobst, SM.; Nebel, RL.; McGilliard, ML. y Pelzer, KD. 2000.** Evaluation Of Reproductive Performance in Lactating Dairy Cows with Prostaglandin F₂ α , Gonadotropin-Releasing Hormone, and Timed Artificial Insemination. *J. Dairy Sci.*, 83: 2366-2372.
- Lean, I.; Porter, J.; Rabiee, A.; Morgan, W.; Tranter, W.; Moss, N. y Rheinberger, R. 2003.** Comparison of effects of GnRH and prostaglandin in combination, and prostaglandin on conception rates and time to conception in dairy cows. *Australian Veterinary Journal*, 81: 488-493.
- Lormore, M. 2005.** Earlier first calving makes Money. Pro-Dairy, Northeast Dairy Business. Recuperado de www.nraes.org
- Mellisho, E. 1998.** *Evaluación de parámetros reproductivos en vacas Holstein de tres establos de la cuenca lechera de Lima.* (Tesis Bachillerato. Fac. Zootecnia) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Nebel, RL. 1997.** *New Strategies for Heat Detection and Timing of Artificial Insemination.* Western Dairy Management Conference. March 13-15. Las Vegas, Nevada.
- Nebel, RL. y Jobst, SM. 1998.** Evaluation of systematic breeding programs for lactating dairy cows: A review. *J. Dairy Sci*, 81: 1169-1174.
- Olynk, NJ. y Wolf CA. 2009.** Stochastic economic analysis of dairy cattle artificial insemination reproductive management programs. *J. Dairy Sci*, 92: 1290-1299.
- Olynk, NJ. y Wolf, CA. 2008.** Economic Analysis of Reproductive Management Strategies on US Commercial Dairy Farms. *J. Dairy Sci*, 91: 4082-4091.
- Ortiz, D.; Camacho, J. y Echevarría, L. 2009.** Índices reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 20(2): 196-202.
- Pursley, JR.; Kosorok, MR. y Wiltbank, MC. 1997a.** Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. *Journal of Dairy Science*, 80(2): 301-306.
- Pursley, JR.; Wiltbank, MC.; Stevenson, JS.; Ottobre, JS.; Garverick, HA. And Anderson, LL. 1997b.** Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *Journal of Dairy Science*, 80(2): 295-300.
- Risco, C. y Archibald, L. 2005.** Eficiencia reproductiva del ganado lechero. Disponible en: <http://www.prodivesa.com>
- Sepúlveda, N. 2001.** Limitantes en los programas de inseminación artificial en ganaderías lecheras del sur de Chile. *Rev Inv Vet Perú*, (Supl 1), 105-110.
- Servicio Oficial de Productividad Lechera. (2011).** *Boletín de la Universidad Nacional Agraria La Molina.* Disponible en: www.lamolina.edu.pe/mejoramiento/sopl.htm
- Silva, HM.; Wilcox, CJ.; Thatcher, W.; Becker, RB. y Morse, D. 1992.** Factors affecting days open, gestation length, and calving interval in Florida dairy cattle. *J Dairy Sci*, 75: 288-293.
- Souza, A.; Gümen, A.; Silva, E.; Cunha, A.; Guenther, J.; Peto, C.; Caraviello, D. y Wiltbank, Mc. 2007.** Supplementation with Estradiol-17 β Before the Last Gonadotropin-Releasing Hormone Injection of the Ovsynch Protocol in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci*, 90: 4623 - 4634.
- Stevenson, J.; Kobayashi, Y. and Thompson, K. 1998.** Reproductive Performance of Dairy Cows in Various Programmed Breeding Systems Including Ovsynch and Combinations of Gonadotropin-Releasing Hormone and

Prostaglandin F2 α . *J. Dairy Sci*, 82, 506 – 515.

Villarroel, M. 2006. *Respuestas de fertilidad del Protocolo OVSYNCH y sus variantes.* (Tesis Mg. Sc. Perú). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Wattiaux, M. 2004. Manejo de la eficiencia reproductiva. En: *Esenciales lecheras*, Cap. 13. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Madison, USA: Universidad de Wisconsin. Disponible en: <http://babcock.cals.wisc.edu>

Wiltbank, MC. 2000. *Mejorando la Eficiencia Reproductiva.* Instituto Babcock. Madison, USA: Universidad de Wisconsin. Disponible en: http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/productdownload/du_601.es_.pdf