



Ganadería de precisión



Imagen: INTA, Anguil
INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina

La ganadería de precisión (GdP) es un nuevo sistema sostenible para producir alimento de origen animal con la ayuda de las tecnologías de la información y comunicación. Su uso permite aumentar la producción y el bienestar animal, reducir costos de inversión e impacto ambiental y resolver problemas mediante el análisis de información.

Introducción

En el 2017, la población humana mundial sumaba más de 7.5 mil millones (con 129 millones en México) y se estima que para el 2030 ascenderá a 8.5 mil millones (México contribuirá con 148 millones).¹ Esto incrementará la demanda mundial de alimentos y servicios básicos. La producción agropecuaria deberá satisfacer la creciente demanda de alimento y considerar que actualmente se sobreexplotan los recursos naturales (por ejemplo, biodiversidad y agua). El cambio climático podría reducir hasta en 25% la producción agropecuaria² dado que el calentamiento global puede incrementar la morbilidad y mortalidad del ganado.³ Se estima que para el 2030, el cambio climático provocará 250,000 muertes al año por malaria, estrés térmico, diarrea y malnutrición.⁴ La producción pecuaria mundial tendrá que satisfacer la demanda creciente de alimento (Tabla 1).⁵

RESUMEN

- Actualmente, en promedio 33% de las proteínas consumidas en la dieta humana provienen de la ganadería, pero los efectos del cambio climático, como inundaciones o sequías podrían afectar la producción agropecuaria.
- Los sistemas productivos agropecuarios deben volverse sostenibles y más eficientes para satisfacer la creciente demanda de la población. La ganadería de precisión puede ayudar a cumplir estos objetivos.
- La ganadería de precisión combina a las ciencias agropecuarias con las tecnologías de la información y la comunicación. Se basa en el uso de información cuantitativa para aumentar la producción y el bienestar animal, reducir costos de inversión y resolver problemas oportunamente. En la ganadería tradicional frecuentemente se toman decisiones empíricas.
- Entre las tecnologías desarrolladas se encuentran los sistemas de análisis visual y sonoro, de identificación digital, de ordeña automatizada, de ventilación inteligente y las aplicaciones digitales móviles.
- Para lograr una adopción exitosa se requiere formar recursos humanos especializados, difundir y asesorar constantemente a los productores, desarrollar aplicaciones amigables con el usuario, plantear correctamente los proyectos ganaderos y acercar la tecnología a todos los miembros del sector pecuario.
- Para México, los productos pecuarios estratégicos son la carne (de pollo, res y cerdo), el huevo (gallina) y la leche (vaca).
- El mercado mexicano, productores y consumidores, cuenta con tecnologías digitales de ganadería de precisión, ofrecidas por el Estado e iniciativa privada. Por ejemplo, las aplicaciones digitales móviles.

Tabla 1. Producción pecuaria mundial (observada y estimada).⁵

Periodo	Producción (millones de toneladas)		
	Carne	Leche	Huevo
1961-1963	72	344	14
2005-2007	258	664	62
2050	455	1077	102

En el esquema de desarrollo sostenible, sociedad, economía y tecnología crecen en armonía con la naturaleza y el medio ambiente.⁶ Entre los objetivos de la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030 de la Organización de las Naciones Unidas están:^{6,7}

1. Acabar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria (todas las personas deben tener acceso a alimentos inocuos, nutritivos y suficientes) y promover la agricultura sostenible.
2. Asegurar formas de producción y consumo sostenibles.
3. Proteger los ecosistemas marinos y terrestres.

En el mundo, 815 millones de personas estuvieron en estado de malnutrición en el 2016, producto de dietas inadecuadas o insuficientes.⁸ En México, en el período 2014-2016, 4.2% de su población estaba en esta condición (Canadá y Estados Unidos tuvieron menos de 2.5%).⁸ Pero los casos más extremos de crisis alimentarias son las hambrunas, como las reportadas en Sudán, Nigeria, Somalia y Yemen.⁸

El aumento en la demanda de productos pecuarios obedece al incremento de:⁹

- La población humana.
- El poder adquisitivo de las personas.
- La población urbana.

Se estima que a nivel mundial, el consumo per cápita de carne y leche seguirá en aumento en los próximos años (Tabla 2).⁵

Tabla 2. Consumo mundial de carne y leche.⁵

Periodo	Consumo (kg/persona/año)	
	Carne	Leche
1989-1991	33	77
2005-2007	39	83
2030	45	92
2050	49	99

La agricultura y ganadería de precisión son opciones modernas y sostenibles para producir alimentos de calidad y en cantidad suficiente.

Ganadería de precisión

Mediante la ganadería se crían especies animales y se obtienen productos para consumo humano (p.ej. carne, leche y miel).¹⁰ Globalmente la ganadería aporta 33% de las proteínas consumidas en la dieta humana.⁹

La GdP usa tecnologías de información y comunicación para reducir costos de inversión y aumentar tanto la producción como el bienestar animal.¹¹ Sus objetivos son:¹²

- Identificar la alimentación más adecuada.
- Reducir el impacto ambiental mediante el manejo eficiente de los recursos.
- Asegurar la inocuidad alimentaria mediante la trazabili-

dad (registro documental desde la producción hasta el consumo) de los productos.

- Mejorar el bienestar animal.

En la ganadería tradicional frecuentemente se toman decisiones basadas únicamente en la experiencia del productor. En la GdP éstas se toman con base en una mayor cantidad de información (datos cuantitativos como por ejemplo litros de leche por cada ordeña), la cual puede obtenerse en tiempo real.¹³

Utiliza la recolección-análisis de datos, sistemas de control y varios desarrollos tecnológicos adicionales (Recuadro 1).^{11,14} Los países pioneros en el uso de esta tecnología son Reino Unido, Bélgica, Alemania, Dinamarca, Holanda, Finlandia e Israel.

Recuadro 1. Tecnologías asociadas.^{11,14}

- Ventilación inteligente en instalaciones pecuarias.
- Incubadoras de huevos sincronizadas con la puesta.
- Sistemas de estimación visual del peso de vacas y cerdos.
- Alimentación precisa en cerdos, es decir, optimizada para cada etapa del desarrollo y en cantidad suficiente.
- Administración del ganado productor de leche (p.ej. alimento adecuado y manejo del ciclo reproductivo).
- Sensores para cerdos y vacas (como los usados para registrar temperatura corporal, ritmo cardíaco, celo o localizar animales).
- Sistemas de monitoreo de la salud de las ubres (vacas lecheras).
- Sistemas de inspección visual de aves.
- Identificación y conteo automatizado de huevos.
- Determinación de talla y separación automatizada de peces.
- Predicción del crecimiento en cerdos.
- Sistemas de control térmico en criaderos de cerdos.
- Determinación de la salud en cerdos mediante análisis de estornudos.
- Aplicaciones digitales móviles para ganado bovino (de engorda y leche) y para producción de miel.

Los sistemas de análisis visual capturan y procesan imágenes, lo cual permite recopilar datos sobre el comportamiento animal sin estresarlo y a bajo costo. La captura de las imágenes se puede realizar con tres tipos de cámaras: 1) visuales o dispositivos de carga acoplada (CCD por su siglas en inglés), que registran datos en dos dimensiones, como las cámaras de vigilancia; 2) infrarrojas, las cuales registran imágenes térmicas y 3) de profundidad, que registran datos en tres dimensiones, como las cámaras *Kinect* de las consolas de videojuegos *Microsoft*.¹⁵

Los sistemas de análisis visual se usan para registrar:¹⁵

- Ganancia de peso.
- Condición corporal (silueta y estado físico).
- Salud.
- Consumo de alimento y agua.
- Movilidad individual.
- Conducta animal (p.ej. la echada en cerdos).
- Detección de celo (reproducción).

La recolección, análisis y reporte de datos ahorra tiempo y permite tomar decisiones informadas (con el monitoreo animal en tiempo real).^{11,16} Por ejemplo, después de analizar la eficiencia de engorda se puede elegir el mejor alimento.^{17,18}

Los sistemas de alimentación automatizada manejan la cantidad adecuada de alimento en el momento indicado.¹² Además, existen sistemas de control térmico para granjas, los cuales establecen condiciones óptimas de temperatura, humedad, estado fisiológico e interacción animal.³

El mejoramiento de razas es otro aspecto que brinda precisión a la ganadería debido a que favorece la eficiencia productiva mediante la genética. Éste se realiza tradicionalmente por medio de cruzas selectivas, es decir, se reproducen únicamente ejemplares con características deseables.^{17,18}

Implementación

Para lograr una GdP exitosa es recomendable iniciar por establecer el proyecto ganadero, en el cual se fijan metas, se establecen costos de inversión y se proyectan ganancias (Recuadro 2).^{17,19}

Recuadro 2. Componentes de los proyectos de ganadería de precisión.¹⁷⁻¹⁹

- El tipo de ganado que se va a criar, por ejemplo, bovino, ovino o porcino.
- El uso ganadero (para producción de carne, leche o huevo).
- Las condiciones ambientales de la unidad de producción y elegir la raza más adecuada para la cría.
- La capacidad de inversión del productor.
- La unidad de producción (por ejemplo familiar o de dimensiones agroindustriales).
- La delimitación de objetivos a corto, mediano y largo plazos.
- La recolección y análisis de datos sobre el proceso de cría. Esto sirve para predecir ganancias y resolver problemas.
- La evaluación periódica del proceso productivo, por ejemplo, el pesaje de los animales, costo de insumos y precios de venta.
- Comparación de los datos observados contra los estimados.
- Evaluación económica de los resultados. Se debe llevar un registro detallado de todos los costos de inversión, gastos imprevistos (entre otros de los derivados de la muerte de animales) y costos de venta.

Adopción

Los obstáculos más frecuentes para adoptar la GdP son la falta de personal calificado, la ausencia de datos sobre la relación costo-beneficio, la poca coordinación entre academia-tecnólogos-empresas, el estrés asociado al uso de nuevas tecnologías experimentado por algunos productores, la incompatibilidad entre hardware-software y la ausencia de formas estandarizadas para el intercambio de datos entre dispositivos.^{11,16}

Algunas acciones que pueden promover la adopción son:^{3,11,16}

- Cuantificar y validar los beneficios.
- Difundir su uso entre productores.
- Desarrollar y ofrecer servicios variados.
- Identificar a los beneficiarios principales.
- Asesorar adecuadamente a los productores. Esta labor deben realizarla los expertos en ciencias agropecuarias y en tecnologías de la información.
- Implementar y evaluar las tecnologías elegidas.

- Generar beneficios cuantificables (aumento de producción o reducción de inversión, esto es, la rentabilidad y sostenibilidad).
- Instalar y mantener en buen estado los equipos.
- Desarrollar plataformas económicas y robustas para recolectar datos.
- Desarrollar sistemas eficientes para analizar datos que consideren los parámetros críticos del proceso productivo.
- Hacer recomendaciones claras y prácticas para resolver problemas en la cadena productiva.

También es importante la visualización de los datos, que debe ser amigable y de fácil interpretación para los usuarios finales. Por ejemplo, existen sistemas de visualización web que permiten detectar problemas respiratorios, medir el consumo de alimento y agua, identificar lesiones o cuantificar la eficiencia de engorda.²⁰

El uso de teléfonos inteligentes (*smartphones*) y computadoras personales por parte de los productores ha beneficiado la adopción de la GdP.^{13,21}

A nivel mundial, el sector pecuario que ha adoptado en mayor medida a la GdP es el de los productores de leche bovina. Esto se explica, al menos en parte, porque la información obtenida en tiempo real es vital para la cadena productiva en este sector.^{17,18,21}

En Australia, la adopción de nuevas tecnologías se potenció mediante la interacción entre los propios productores de leche, quienes formaron una comunidad de aprendizaje. Esta comunidad permitió compartir experiencias e ideas para proponer soluciones a los problemas que enfrentaban. Se identificaron tres etapas en la adopción:¹³

1. *Aprendizaje inicial.* Los productores aprendieron a usar la tecnología y se familiarizaron con el esquema para ingresar datos de forma rutinaria a los sistemas de toma de decisiones.
2. *Consolidación.* Debido al uso rutinario, los productores adquirieron experiencia y confianza en los sistemas de toma de decisiones. Este dominio permite análisis descriptivos del proceso productivo.
3. *Uso avanzado.* Los usuarios más proactivos lograron un mejor control del sistema y consiguieron análisis predictivos y preceptivos (mejores prácticas) del rendimiento.

Las aplicaciones digitales móviles (*Apps*) son una tecnología económica y fácil de usar para los productores pecuarios que desean implementar la GdP. Ejemplos de estas plataformas son *Tambero*, *Bovimax* y *Biotikapp*.^{14,22}

Impacto

Los datos recolectados sirven para analizar objetivamente el proceso de cría, salud y bienestar animal, el uso de recursos para reducir el impacto ambiental (por ejemplo en emisiones de gases de efecto invernadero), la eficiencia en el aprovechamiento del alimento y el desempeño de los proveedores de materias primas (como los tiempos de entrega y calidad de forrajes).¹¹ Esto impacta positivamente la cadena de producción pecuaria a nivel económico, social y ambiental.

La Unión Europea ha formado grupos multidisciplinares (como el proyecto *Bright farm*) para establecer las mejores prácticas en la producción pecuaria, donde se consideran la sostenibilidad, el bienestar animal y los impactos sociales y económicos.²³

Bienestar animal y humano

La tecnificación de las labores pecuarias (por ejemplo los sistemas automatizados de ordeña) reduce la exposición humana hacia los animales de granja y puede ayudar a prevenir la aparición de alergias entre los productores.²⁴ Aunque también podría poner en riesgo algunos puestos laborales en el campo, razón por la cual la tecnología debe implementarse de forma socialmente responsable.

Los productores y consumidores consideran que el bienestar animal es un aspecto que impacta positivamente la calidad de los productos. En el 2004, la Unión Europea (UE) creó el proyecto *Welfare Quality* que promueve el bienestar animal y donde participaron trece países europeos y cuatro de Latinoamérica (Brasil, Chile, México y Uruguay). Además, el *Tratado de Lisboa* (firmado por la UE en el 2007) considera a los animales como seres sensibles, que no deben ser tratados de forma cruel bajo ninguna circunstancia. El proyecto establece los principios del bienestar animal (Tabla 3).²⁵ Al mejorar este rubro también se cuida el bienestar humano (emocional y económico).

Algunas tecnologías de GdP permiten recolectar información en tiempo real, por ejemplo, de ataques de tos con los sistemas de localización sonora (conformados por micrófonos y programas computacionales de análisis). Estos sistemas se han utilizado para identificar grupos de cerdos que podrían presentar problemas respiratorios, lo cual ayuda a tratar oportunamente las infecciones.²⁶

Tabla 3. Principios del bienestar animal.²⁵

Principio	Descripción
Alimentación adecuada	Ausencia de hambre y sed.
Hábitat adecuado	Espacios cómodos.
	Libertad de movimiento.
Salud animal	Ausencia de lesiones, dolor y enfermedades.
Comportamiento natural	Libertad para expresar comportamiento individual y social.
	Buenas relaciones humano – animal.
	Estado emocional positivo de los miembros del hato o manada.

Trazabilidad

Es un sistema que permite registrar la historia de un producto, desde la primera etapa de la cría hasta que llega al consumidor final. Ofrece varias ventajas puesto que, entre otras cosas, permite:¹¹

- Analizar el rendimiento en cada etapa productiva, como la engorda.



Imagen: INTA, Anguil
INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina

- Modificar dietas para volverlas más adecuadas.
- Seleccionar a los animales con las mejores características.
- Atender oportunamente a los animales.
- Disminuir el comercio ilegal de ganado.

Puede servir para analizar la eficiencia de la cadena productiva, para mejorar el alimento usado, evaluar el aprovechamiento de nutrientes, compartir información entre ganaderos, generar datos útiles para temporadas futuras y dar seguridad al consumidor final (contenido nutricional, tiempo en anaquel, etcétera). Algunos ejemplos de este tipo de sistemas son el *PigPass* australiano, el pasaporte europeo de ganado y el permiso de tránsito Malasia-Vietnam.¹¹

Situación internacional

En diferentes países del mundo ya se usan distintas tecnologías de GdP. En Australia, por ejemplo, algunos productores lecheros (con hatos desde 150 hasta 900 cabezas de ganado) han usado sistemas de identificación electrónica de vacas, medidores de producción, rociadores sanitarios de ubres y sensores de actividad animal.¹³ En China, los Sistemas de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés) se han empleado para elegir las mejores ubicaciones de granjas pecuarias. Las ubicaciones consideraron: distancia con respecto a asentamientos humanos, carreteras, cuerpos de agua y reservas ecológicas; demanda de fertilizantes agrícolas (los desechos pecuarios contienen nitrógeno y fósforo) y el uso, inclinación y tipo de suelo.²⁷

En Argentina existe un interés creciente en la GdP, principalmente entre los productores de leche de bovino. También los productores de carne se han acercado a este novedoso sistema productivo, aunque en menor proporción. En la cuenca lechera existen aproximadamente 30 robots para ordeña y 1500 collares detectores de celo (reproducción) y rumia (alimentación).^{17,18} Referente a las *Apps*, la plataforma argentina *Tambero* ofrece servicios de GdP en todo Latinoamérica.²²

Algunos países latinoamericanos fomentan la investigación y desarrollo de proyectos de GdP como Argentina (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), Bolivia (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal), Chile (Universidad Austral de Chile e Instituto de Investigaciones Agropecuarias), Paraguay (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria) y Uruguay (Instituto Nacional de Investigación

Agropecuaria). Se estima que en Argentina 90% de los productores de leche y 10% de los productores de carne de bovino usan GdP.¹⁷

Situación en México

En México, en la época prehispánica se criaban pavos, xoilitzcuintles, grana cochinillas y abejas. Actualmente para el país, los productos pecuarios estratégicos por su impacto socioeconómico son:¹⁰

- Carnes de pollo, res y cerdo.
- Huevo de gallina.
- Leche de vaca.

Durante el 2016, algunas entidades federativas tuvieron la mayor producción pecuaria (Tabla 4).¹⁰

Tabla 4. Entidades federativas con la mayor producción pecuaria estratégica en el 2016.^{10,28}

Producción	Ganado	Entidad federativa (orden alfabético) y producción
Carne	Bovino	Baja California, Chihuahua, Jalisco, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Veracruz. 1.9 millones toneladas.
	Porcino	Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Puebla, Sonora, Veracruz y Yucatán. 1.4 millones de toneladas.
	Avícola (pollo y pavo)	Aguascalientes, Durango, Jalisco, Querétaro y Veracruz. 3.1 millones toneladas.
Huevo	Avícola (gallina)	Jalisco, Nuevo León, Puebla y Sonora. 2.7 millones de toneladas.
Leche	Bovino	Chihuahua, Coahuila, Durango, Jalisco y Veracruz. 11,769 millones de litros.

El Reglamento Interior de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) no contiene de forma explícita el fomento a la GdP, sin embargo, impulsa activamente el desarrollo pecuario nacional mediante el uso de tecnología moderna.²⁹ Ejemplo de ello son sus *Apps*:¹⁰

- *Mercados*. Permite a los productores ofrecer sus artículos en mercados nacionales y extranjeros. Además ofrece una lista de productos certificados.
- *Apoyos*. Contiene la lista de requisitos que los productores deben cumplir para obtener patrocinio técnico y económico.
- *Produce*. Muestra el potencial productivo (los cultivos más adecuados para cada zona) del territorio nacional. Contiene también la información de proveedores de materia prima (p.ej. fertilizantes o maquinaria).

La iniciativa privada ofrece servicios digitales de GdP, como los desarrollados por Grupo Plenum: *Bovimax* (para ganado bovino) y *BiotikApp* (para apicultura). La primera aplicación

permite registrar información relacionada a la cría y engorda de reses mientras que la segunda el registro de colmenas y monitoreo de salud apícola y floración de campos cercanos.¹⁴

La SAGARPA y la Secretaría de Economía desarrollaron la plataforma digital *Cosechando Números del Campo*, la cual contiene información actualizada del sistema agropecuario mexicano (oferta, demanda y precios).³⁰

El programa *Fomento Ganadero* apoya a los productores pecuarios mediante incentivos económicos, asistencia técnica y capacitación. Además provee un sistema de identificación individual de ganado, el cual busca implementar un sistema de trazabilidad para verificar la inocuidad de los alimentos y prevenir el abigeato (hurto de ganado).

El sector académico también impulsa el desarrollo agropecuario nacional, por ejemplo la Universidad Autónoma Chapingo ofrece estudios de maestría y doctorado en *Ciencias en Innovación Ganadera*.³¹ Otros ejemplos son el *Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad* (ofrecidos por el Colegio de Postgraduados) y la *Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria* (Universidades Autónomas de Aguascalientes, Colima, Guadalajara y Guanajuato).

Legislación en México

La Ley de Desarrollo Rural Sustentable busca asegurar la soberanía alimentaria (libre determinación de un país para abastecer de alimento a su población). En esta ley se crearon los Sistemas-Producto, con el objetivo de organizar al sector e integrar la cadena productiva (todos los agentes involucrados en la producción agropecuaria nacional).³² Existen Sistemas-Producto: apícola, carne (ave, bovino y porcino), leche (bovino y caprino), huevo, caprino, cunícola y ovino.¹⁰

Aunque no se contempla a la GdP en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable ni en el Reglamento Interior de la SAGARPA, el Estado Mexicano promueve el uso de la tecnología en las cadenas productivas pecuarias.

Conclusiones

La GdP permite producir eficientemente alimento de origen animal y sus derivados. Mediante ésta, se recolectan y analizan datos clave para mejorar la producción pecuaria. Entre los beneficios que genera su adopción se encuentran: mayor producción y bienestar animal, menor costo de inversión e impacto ambiental, producción inocua (libre de contaminantes microbiológicos, químicos o físicos) de alimentos y toma de decisiones basada en información objetiva.^{9,18,19}

La adopción exitosa requiere la estrecha colaboración entre los expertos (provenientes de la comunidad académica e iniciativa privada), el gobierno y los productores. La popularización del uso de la tecnología, como los teléfonos inteligentes, entre los miembros del sector rural facilitará la entrada de la GdP como sistema productivo.^{3,11,13,16-18,20,21}

La GdP puede contribuir a lograr la soberanía y seguridad alimentarias de forma sostenible.^{7,32} En México, no se menciona el término *ganadería de precisión* ni en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable ni en el Reglamento Interior de la SAGARPA. El apoyo explícito y la claridad regulatoria podrían impulsar el desarrollo y consolidación de este sistema productivo pecuario.

Referencias

1. New York; 2017. Report No.: ESA/P/WP/2. Disponible en: https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf
2. United Nations [citado 27/marzo/2018]. Disponible en: <http://www.un.org/en/sections/issues-depth/food/>
3. Fournel S, Rousseau AN, Laberge B. *Biosyst Eng.* 2017;155:96–123. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S153751101630318X>
4. United Nations Development Programme. United Nations Development Programme. 2016. 193 p. Disponible en: http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf
5. Alexandratos N, Bruinsma J. Vol. 20, ESA Working paper No. 12-03. Rome; 2012. Disponible en: www.fao.org/economic/esa
6. United Nations. Vol. 16301, General Assembly 70 session. 2015. Disponible en: http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf
7. Food and Agriculture Organization. United Nations [citado 29/abril/2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/y4671e/y4671e06.htm>
8. FAO IFAD UNICEF W&W. Fao. 2017. 1-109 p. Disponible en: <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/>
9. Thornton PK. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2010;365(1554):2853–67. Disponible en: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2010.0134>
10. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación [citado 28/marzo/2018]. Disponible en: www.gob.mx/sagarpa
11. Banhazi TM, Lehr H, Black JL, et al. *Int J Agric Biol Eng.* 2012;5(3):1–9. Disponible en: <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/599/0>
12. Pomar J, López V, Pomar C. *Comput Electron Agric.* 2011;78(1):88–97. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2011.06.004>
13. Eastwood CR, Chapman DF, Paine MS. *Agric Syst.* 2012;108:10–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.005>
14. Herrera Gutiérrez V, González Díaz JE. 2018. Entrevista personal.
15. Nasirahmadi A, Edwards SA, Sturm B. *Livest Sci.* 2017;202(May):25–38. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.014>
16. Busse M, Schwerdtner W, Siebert R, et al. *Agric Syst.* 2015;138:55–65. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2015.05.009>
17. Fernández Mayer A. 2018. Entrevista personal.
18. Velez JP. 2018. Entrevista personal.
19. Fernández Mayer A. *Decisión Ganadera.* 2016 [citado 28/abril/2018]. Disponible en: <http://decisionganadera.com.ar/ganaderia-de-precision-es-posible/>
20. Van Hertem T, Rooijakkers L, Berckmans D, et al. *Comput Electron Agric.* 2017;138:1–10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.04.003>
21. Rodríguez von der Becke E. Entrevista personal.
22. Rodríguez von der Becke E. [citado 29/abril/2018]. Disponible en: <http://www.tambero.com/es>
23. European Union. Lovaina; 2016. Disponible en: https://cordis.europa.eu/project/rcn/105333_es.html
24. Böhlant A, Schierl R, Heizinger J, et al. *Int J Hyg Environ Health.* 2016;219(1):79–87. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.09.004>
25. Blokhuis HJ, Veissier I, Miele M, Jones B. *Acta Agric Scand A Anim Sci.* 2010;60(3):129–40. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09064702.2010.523480>
26. Silva M, Ferrari S, Costa A, et al. *Comput Electron Agric.* 2008;64(2):286–92. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169908001580>
27. Peng L, Chen W, Li M, Bai Y, Pan Y. *Comput Electron Agric.* 2014;108:183–90. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2014.08.004>
28. SAGARPA. 2017. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255710/STO_INFORME_2017_web.pdf
29. Reglamento Interior. SAGARPA. 2012. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/9488/Reglamento_Interior_SAGARPA.pdf
30. SAGARPA [citado 29/abril/2018]. Disponible en: <http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/publicnew/index.php>
31. Universidad Autónoma Chapingo [citado 29/abril/2018]. Disponible en: <https://chapingo.mx/produccionanimal/>
32. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Honorable Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación México. 2001 p. 1–29. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235_200618.pdf