

# ENGORDE A CORRAL

Aníbal J. Pordomingo\*. 2004. Curso de Posgrado Actualización en Invernada, F.C.V. U.N.La Pampa y C.M.V. de La Pampa, Módulo IV.  
\*INTA Anguil - Fac. Ciencias Veterinarias UNLPam.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Invernada o engorde a corral o feedlot](#)

## INTRODUCCIÓN

El engorde en corrales se ha instalado en la región como una alternativa más de producción de carne con diversos objetivos. En algunos casos es convertir granos a carne si económicamente la conversión es rentable, y en otros, aunque puede ser poco atractivo desde el punto de vista de la conversión, interesa desde el conjunto del sistema de producción para liberar potreros, eliminar cultivos forrajeros anuales de las rotaciones, incrementar la carga animal del campo, asegurar la terminación y la salida o la edad a faena, etc.

Para plantear el engorde a corral es necesario entender desde el principio que seremos nosotros y no el "el pasto" quien define la composición de la dieta del animal, cuánto va a comer y cómo lo hará. Es posible realizar encierres simples, con pocos insumos y lograr engordes aceptables. Las primeras definiciones pasan por la categoría a encerrar y la cantidad de animales. Luego resolveremos aspectos relacionados con la ubicación en el campo, la dieta o alimento y su suministro. Estos dos últimos son frecuentemente los condicionantes del planteo en términos físicos y económicos. Finalmente, es importante tener en cuenta los aspectos del diseño que puedan afectar la calidad del proceso de producción, entendiéndose por ello el diseño de las instalaciones y el manejo de los efluentes emergentes, factores éstos que pueden condicionar la gestión productiva en el mediano y largo plazo.

## LA CATEGORÍA ANIMAL

El encierre de terneros o terneras para producir terneros gordos o vaquillonas gordas para faena es el de más rápida evolución o menor duración. En el término de 60 a 70 días es factible terminar este tipo de animal con aumentos diarios de 1 a 1,2 kg/día y dietas simples basadas principalmente en grano entero de maíz (70 %), pellet de girasol (20 %), rollo de forraje de mediana calidad (8 %) y un suplemento macro-mineral (2 a 3 %) que ofrezca sal, calcio, fósforo, magnesio y micro-minerales, con la adición de un ionóforo (rumensin = monensina).

Esta categoría (entre los 150 y los 300 kg de peso vivo) convierte en un rango de 4,5 a 5,5 kg de alimento de alto grano (base seca) por kilo de aumento de peso (4,5 a 5,5:1). Es la categoría comercial de mayor eficiencia de conversión de alimento a aumento de peso debido a que, por un lado, el efecto del mantenimiento de toda la masa corporal es menor por lo que puede destinar mayor cantidad de energía consumida al crecimiento y deposición de grasa. Por otro lado, la composición de la ganancia es de mayor proporción de músculo, hueso y agua que grasa, comparados con animales de mayor edad y peso (ej. Novillos en terminación).

Es fundamental en esta categoría controlar el nivel proteico de la dieta para no caer por debajo del 15 % de proteína bruta y mantener la oferta de nitrógeno no proteico (ej. proveniente de urea) por debajo de un tercio del total del nitrógeno ofrecido. Los oferentes proteicos comunes son el expeller de girasol o de soja, semilla de algodón, harina de pescado, afrechillo de trigo, harina de plumas, etc. Los terneros no manejan el nitrógeno con la eficiencia de los novillos o las vacas. También se debe controlar el nivel de macro-minerales (calcio, magnesio y fósforo) ya que muy probablemente (si la dieta está basada en los granos comunes = sorgo, maíz, avena, cebada) será necesaria su inclusión a través de núcleos u otros oferentes minerales como la conchilla para aportar calcio, fosfatos de magnesio para aportar magnesio y fósforo, aunque este último será el menos deficiente. El mismo núcleo deberá aportar también micro-minerales (especialmente cobre, zinc, manganeso, selenio e hierro). Aunque es importante para definir este núcleo conocer las particularidades de la zona en lo que respecta a calidad de aguas y carencias o exceso de minerales si el establecimiento produce sus propios insumos.

En novillitos y novillos en engorde a corral las expectativas de aumento de peso son mayores. Es esperable un aumento de 1,3 a 1,5 kg de peso vivo por día sobre dietas bien diseñadas. La duración de estos engordes es variable y depende fundamentalmente de la edad y peso de ingreso de los novillos pudiendo ser de menos de 60 días como de más de 120. El consumo es mayor en términos absolutos (ver más adelante) que en terneros y es mayor el gasto energético en mantenimiento. También la composición de la ganancia es energéticamente más cara por la mayor deposición de grasa por lo que por kilo de aumento será mayor la cantidad de alimento utilizado en un novillo que en un ternero. La conversión, entonces, empeora con respecto al ternero. En los engordes relevados en los planteos comerciales de Argentina los valores frecuentes se ubican en el rango de 6 a 9 kilos de alimento por kilo de aumento de peso. En la medida en que se avanza en el peso del animal y nivel de engrasamiento se empeora la eficiencia de conversión.

Esta categoría es menos exigente en requerimientos de proteína bruta admitiendo un nivel de 12 a 13 % (incluida la indisponibilidad de proteína o indigestibilidad de la proteína), por lo que la fracción de grano puede ser mayor (superior al 70 %), lo que mejora la oferta energética de la dieta. El contenido de heno también podrá ser reducido por debajo del 8 % hasta niveles en dietas de terminación del 4 %. Siendo generalmente el concentrado proteico el recurso más caro, estas dietas son algo más baratas que las de terneros.

## LA DIETA

La composición del alimento a utilizar es el componente central de la definición del costo. Las dietas pueden variar en su grado de complejidad yendo de las más simples que sólo son ingredientes utilizados como ingresan al campo y mezclados por el mismo productor, hasta aquellas en las que el productor procesa los ingredientes (comúnmente los granos) e incluso compone su propio núcleo vitamínico y mineral. La mayoría de los planteos actuales en la región prefieren las mezclas simples donde en el campo se mezcla el grano (molido, aplastado o entero) con un concentrado proteico que a su vez aporta algo de fibra (concentrados comerciales, o subproductos de la industria aceitera como el expeller de girasol, el expeller de soja o de semilla de algodón) y con un núcleo vitamínico y mineral que provee los macro y microminerales), a los que se suma una fuente de fibra en rollo o heno (ofrecido entero, desmenuzado o molido). A veces se agrega urea para reducir la necesidad de harinas proteicas (expellers de girasol, soja, etc.).

El ambiente ruminal que se crea cuando el animal ingiere una alta cantidad de almidón (ingesta típica de feedlot) la fermentabilidad de la fibra es muy pobre o nula. Por ello, el heno o fardo no necesita ser de alta calidad, ya que será muy poco digerido y sólo cumplirá un rol mecánico, de estímulo de la rumia y la motilidad ruminal. No será (a diferencia de la suplementación en pastoreo) un oferente de energía metabolizable importante. Este aspecto debe tenerse en cuenta ya que el heno constituye, en la mayoría de los encierres, el ingrediente más engorroso de incorporar.

En dietas de feedlot el grano es el componente mayoritario, donde excede el 65 % del total. El oferente proteico (expellers de girasol o de soja) participa en el mínimo necesario para aportar la proteína que la categoría requiere. En el cálculo debe tenerse en cuenta el contenido de proteína de cada insumo, incluido el del grano, que aunque proporcionalmente bajo (8 a 9 %), es importante por la fracción mayoritaria que el grano ocupa de toda la dieta. Por su parte, los oferentes proteicos difieren en la cantidad de PB que aportan (ej. el expeller de girasol ofrece un 30 % y el de soja un 42 %) por lo que sería conveniente tener información de laboratorio de la proteína bruta contenida en los insumos que pensamos usar. También se usan concentrados proteicos comerciales que, por su alto contenido de proteína bruta (generalmente por encima del 40 %), permiten reducir la cantidad de concentrado a un valor mínimo y además contienen el complejo vitamínico y mineral incorporado, incluyendo un ionóforo (monensina) que opera de modulador de la fermentación y del consumo (ver específicamente más adelante).

En el cuadro 1.1 . pueden observarse algunas dietas comunes en planteos de engorde de terneros (T1 a T5) y de novillos en terminación (N1 a N3) en la región central de Argentina. Estas dietas son simples debido a la escasez de alternativas por la carencia de diversidad agro-industrial en la región. Puede observarse que, aunque variables en sus componentes, son muy similares en composición química dentro de cada categoría. Entre los detalles debe resaltarse que el contenido de FDA (fibra) es similar en todas y próximo al 10 % (valor mínimo deseable) del cual al menos el 60 % es fibra efectiva proveniente del heno (rollo o fardo molido o desmenuzado). En los casos en los que se utiliza expeller de soja la cantidad es menor a la necesaria cuando se incluye expeller de girasol. Cuando se incluye un grano de invierno como la avena, disminuye también la necesidad de expeller (de soja o de girasol) porque el grano de avena hace un aporte proteico mayor que el de maíz. Puede observarse que la participación de la urea permite una reducción importante del uso de expellers (dietas T1a T4 versus T5), pero en ningún caso supera el 1 %. Niveles de 1 a 1,2 % de urea son considerados el límite superior de inclusión de urea en dietas de feedlot sin riesgo de intoxicación amoniacal. Puede observarse también que todas las dietas excepto T2 han sido formuladas incluyendo un macro núcleo vitamínico y mineral. En T2 incorpora un micro núcleo y se aportan los macro minerales y la sal por separado.

Cuadro 1.1. Composición (%) de dietas comunes para engorde de terneros y de novillos

	Ternero					Novillo		
	TI	T2	T3	T4	T5	N1	N2	N3
Ingrediente								
Expeller soja	0	0	0	10,0	17,0	6,2	0	0
Expeller girasol	22,0	22,0	17,0	0	0	0	10	0
Maíz	67,5	68,3	40,0	41,5	68,0	80,0	30,0	46,0
Sorgo	0	0	0	0	0	0	48,2	0
Avena	0	0	34,5	38	0	0	0	42
Heno pastura	7,0	7,0	5,0	7,0	12,0	10,0	8,0	8,0
Urea	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,8	0	1,0
Macro núcleo vit.-min.	3,0	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Sal	0	1,0	0	0	0	0	0	0
Conchilla	0	0,6	0	0	0	0	0	0
Fosfato magnesio	0	0,3	0	0	0	0	0	0
Micro núcleo vit- min.	0	0,3	0	0	0	0	0	0
Parámetros químicos								
Proteína bruta, %	15,1	15,1	15,0	15,0	15,0	13,2	13,1	12,9
Fibra (FDA), %	12,7	10,2	13,3	9,9	9,9	10,3	10,2	10,0
EM, Mcal/kg MS	2,74	2,83	2,72	2,82	2,82	2,80	2,83	2,84

Si se evalúan estas dietas desde su concentración energética u oferta de energía metabolizable son dietas para aumentos diarios de peso vivo de 1,300 a 1,500 kg, pero la oferta de proteína metabolizable puede resultar limitante de ese aumento y el componente específico en déficit será la fracción de proteína no degradable en rumen (proteína pasante). En los sistemas actuales es muy difícil en términos económicamente factibles incorporar proteínas de baja degradabilidad ruminal. El recurso más común en el pasado lo fue la harina de carne. Hoy el uso de harina de carnes como de hueso u otras de origen animal o que pudieran contener contaminaciones con proteínas animales, están totalmente prohibidos debido al riesgo de transferencia de enfermedades como BSE (vaca loca). Otras recursos los constituyen las proteínas vegetales tratadas con calor o agentes químicos para reducir su solubilidad y en consecuencia su fermentación ruminal, como expeller de soja tostado, soja entera tostada. Estos recursos son caros y de escasa relevancia en el feedlot argentino. (Bastante utilizados en feedlots de norte América, Australia, o Europa).

Para garantizar la conversión de alimento a carne en estos planteos no debe obviarse o subestimarse el rol del suplemento mineral y vitamínico, complementado con ionóforos para evitar carencias y trastornos digestivos, con los consecuentes empachos por acidosis. Debe asegurarse en ese suplemento mineral la presencia de sal común, calcio, fósforo y magnesio, sumamente necesarios para animales jóvenes en crecimiento. Dada las dificultades de mezclar cantidades pequeñas, se sugiere utilizar correctores minerales que ya traen sal y macro-minerales (Ca, P, Mg) premezclados con los micro-minerales y la monensina u otro ionóforo. Estas observaciones son muy importantes en los casos en que se plantee no utilizar ningún tipo de fibra larga (henos) o si se "encierra" sobre parcelas de rastrojo, sin henos en el alimento.

(Para mayor grado de detalle en la composición de dietas y sus resultados referirse a los ensayos de alimentación incluidos en el anexo a la presente publicación.)

## Procesado del grano

La presentación del almidón en el rumen es el principal determinante de la fermentabilidad del mismo y consecuentemente del aprovechamiento del grano. La forma de molido en polvo es la de más rápida exposición y es frecuentemente utilizada. Pero, justamente por esa rápida exposición es susceptible de generar acidosis ruminal. Además, el almidón en polvo es fácilmente inhalado y puede provocar infecciones respiratorias.

Para reducir los defectos de la presentación en forma molida y no perder digestibilidad del grano, se desarrolló el procesado en copos (o aplastado en prensa, con humedad y temperatura). Este método transforma al grano en una lámina fina con humedad y una gelatinización parcial del almidón. La digestibilidad es muy alta, y no se genera polvo que pueda provocar complicaciones respiratorias. El tamaño de las partículas (láminas o flakes) es grande y no superan 1 a 1,3 mm de espesor. El contacto con el licor ruminal y la fermentación son rápidos pero el proceso de fermentación es más homogéneo que en el caso del molido. Sobre esos copos se absorben o adhieren bien los aditivos líquidos o polvos (sales minerales, vitaminas, ionóforos, etc.). Sin embargo, esta forma de proce-

sado no es común en Argentina por el costo de inversión en las infraestructura para producir "flakes" y el costo de la energía necesaria.

Otros métodos menos eficientes desde el punto de vista físico pero económicamente más factibles son el aplastado en seco o rolado y el aplastado en húmedo (con grano conservado húmedo 28 a 30 % de humedad o con humedad reconstituida, agregada). La mayoría de los feedlots en Argentina que no usan grano de maíz entero han adoptado alguno de estos métodos. El aplastado o quebrado del grano seco es el más común. La exposición del almidón es mayor que la de los granos ofrecidos enteros, especialmente en el caso del grano de sorgo y maíz el tipo duro. Sin embargo, las diferencias en eficiencia de conversión de estos procesados versus el maíz entero son variables y dependen del tipo de grano de maíz. Si el maíz es de grano grande, dentado o semi-dentado, las diferencias entre procesarlo o no son bajas y no justificables económicamente. Si es del tipo duro y tamaño chico, el procesado se justifica. En el caso del sorgo el procesado es indispensable. En cereales de invierno del tipo vestido (como la avena y la cebada) el aplastado (sin quebrar) mejora la homogeneidad del consumo y de la fermentación pero las diferencias en conversión con respecto al uso de sus formas enteras es baja.

El uso de granos húmedos (conservados con humedad o con humedad reconstituida) es una forma de incrementar la fermentabilidad de los granos en el rumen y su digestibilidad total pudiendo ofrecerse enteros, excepto en el caso del sorgo. El aplastado asegura sin embargo la buena utilización del grano y se recomienda aplastar el grano durante el ensilado. La información experimental indica también que la digestibilidad del almidón en rumen de los granos húmedos es mayor que en los secos (bajo un mismo tipo de procesado).

En el caso del maíz, se ha difundido en el país el uso del grano entero por la reducción de costos que implica no procesar el grano. Las eficiencias de conversión logradas con grano de buena calidad (buen tamaño) son similares o escasamente peores (10 %) a las logradas con grano molido o aplastado seco, aún en categorías de buen tamaño corporal (novillos). El tamaño del grano de maíz obliga a la rumia y el animal lo procesa en la masticación. Algunos ensayos experimentales han evaluado la proporción de grano de maíz detectado en heces en una pérdida de 5 a 8 % del grano consumido. Proporción esta que puede ser o no de significación dependiendo de las características del feedlot.

El silaje de planta entera de maíz o de sorgo ha sido también incorporado a dietas de engorde a corral. Su participación en las dietas depende sin embargo de una definición anterior. El silaje no es un oferente de energía del nivel del grano, se asemeja más a la energía que puede proveer un buen verdeo de invierno o una buena pastura en primavera. Por ello, los encierres basados en silajes de planta entera (ej. 80 % silaje de maíz + 20 % expeller de girasol) permiten aumentos de peso de 700 gramos a 900 g/día, pero raramente mayores. Estos aumentos son útiles para planteos que pretenden encerrar sobre la base de un alto rendimiento de materia seca y alto aprovechamiento de la misma, pero que no tienen como meta máximos ritmos de engorde o terminaciones muy rápidas.

Existen combinaciones intermedias enriquecidas con grano, donde el 50 % de la dieta es silaje de planta y el resto se completa con grano (30 %) y el expeller de girasol o soja (20 %). Estas dietas son energéticamente algo superiores a la de silaje puro, pero todavía descansan en la fermentación de una buena cantidad de fibra proveniente del silaje. El aumento puede ser superior al antes citado, pero no alcanza los niveles de un engorde típico basado en grano. Son, sin embargo, las de elección en encierres de acopio de temeros, encierres de post-destete, para planteos que luego terminan a campo en pastoreo o de vacas.

En las dietas típicas (de alto grano y baja fibra) el silaje de planta entera es utilizado para reemplazar la fracción de heno (u otra fuente de fibra). En estos casos, su inclusión sirve también para aportar humedad a la dieta, sobre la que se adhieren mejor los otros componentes, aumenta el volumen y mejora la homogeneidad del consumo. El silaje es más atractivo que el heno de baja calidad y hace un aporte adicional como "buffer" (amortiguador) del pH ruminal. Sin embargo, debido a la escasa cantidad (base seca) que se incluye de silaje en estas dietas, su incorporación se justifica si el tamaño del feedlot hace factible la incorporación de toda la infraestructura adicional que impone la confección, almacenado y extracción del silaje.

### **Fibra larga. Es posible eliminarla?**

Existen experiencias exitosas de productores que, replicando resultados experimentales, han tenido éxito con planteos sin fuente de fibra (sin heno), basando los planteos a sólo grano, pellet de girasol y un complemento mineral y vitamínico con monensina. Anexados a este documento se resumen trabajos experimentales comparativos de dietas que incluyen el uso de grano entero con y sin fuente de fibra larga (heno molido). En este extremo, sin embargo, los riesgos son algo mayores. En grano debe ofrecerse necesariamente entero para aportar el efecto mecánico del grano entero sobre el rumen y el estímulo sobre la rumia que se provoca.

En un nivel intermedio entre los planteos con heno como fuente de fibra y los sin fibra (excepto la mínima aportada por el expeller de girasol o de soja), se encuentran aquellos que incorporan fibra a través del afrechillo de trigo, la raicilla de malta y las cáscaras (cáscara de girasol, de semilla de algodón o maní). De todas las cáscaras las menos "leñosas" o duras serían las mejores. Cuando se usa el afrechillo de trigo o la raicilla de malta debe tenerse en cuenta que estos son también oferentes de proteína bruta en cierta medida. Tienen además un buen nivel energético y alta digestibilidad.

## **Ionóforos y protectores de la fermentación**

La acidosis es el principal problema del engorde a corral con alto grano. Por su rápida fermentación, el almidón produce acidificación del rumen. Se incrementa el contenido de ácido láctico (la producción de ácido aumenta y su transformación a otras formas disminuye) en rumen y cae el pH. También aumenta la absorción de ácidos hacia la circulación sanguínea. El animal entra en un estado acidótico y comatoso. Se acalambra la musculatura ruminal y la circulación periférica se hace más lenta. Se pierde elasticidad en el sistema circulatorio. Particularmente el venoso se ve muy afectado y se edematizan los tejidos. El edema genera inflamaciones (muy visibles en las extremidades), el animal camina con dificultad con dolores, y se producen heridas en la piel y en las articulaciones. La funcionalidad ruminal se ve afectada porque se hieren las paredes del rumen, se inflama y erosiona la superficie de absorción, incluso se desarrollan llagas sanguinolentas que dan vía de ingreso a infecciones que terminan provocando abscesos hepáticos. Animales con acidosis subclínica ven retardado su crecimiento y ritmo de engorde por no sólo una menor eficiencia ruminal sino también por una menor funcionalidad hepática, causales de un consumo deprimido y una menor eficiencia de conversión.

La presencia del ionóforo (monensina) es muy importante para evitar el sobre-consumo y la acidosis o empacho. La monensina es un ionóforo monovalente que opera como protector del sobre-consumo. La regulación del consumo es fundamental para evitar caer en un síndrome acidótico. Su modo de acción es múltiple. En primer lugar afecta las poblaciones bacterianas en el rumen. Promueve una fermentación de mayor captura de energía en formas de ácidos débiles más reducidos (propiónico vs. acético). Reduce la metanogénesis (formación de metano - gas), la tasa de proteólisis ruminal y la población de protozoos. Interviene en el balance de algunos minerales y en su absorción en las bacterias del rumen (afecta la bomba de sodio y potasio). Reduce además las poblaciones de coccidios y la degradación de vitaminas o pro-vitaminas.

A través de todos estos efectos combinados, la monensina aumenta la eficiencia de uso de la dieta, homogeniza y regula el consumo, y reduce la acidosis subclínica. Se han determinado mejoras en la eficiencia de conversión entre el 8 y el 12 % y eliminación del 100 % del riesgo de acidosis con la adición recomendada y rutinaria de monensina en las dietas de alto contenido de grano en feedlot. Hasta 0,125 g de monensina por cada 100 kg de peso vivo se ha dado con éxito sobre los factores antes citados, especialmente en las dietas con grano entero y escasa fibra larga (< 10 %). Se sugiere utilizar entre 0,08 a 0,120 gramos de monensina por cada 100 kg de peso vivo. En el caso en que esté formulada al 10 % (ej. Rumensin), se agregará a la dieta incorporando entre 0,8 y 1 gramo de *rumensin* por cada 100 kg de peso del animal. Se debe recalcar que estas sugerencias suponen una dieta de base de alta calidad (con energía para altos engordes).

## **La forma de alimentación**

Entre los aspectos básicos a tener en cuenta, el primero de todos es el nivel de consumo. En esas categorías jóvenes el consumo será equivalente al 2,8 a 3 % del peso vivo o algo superior. En las categorías más grandes (novillos de 350 kg para arriba) el consumo diario puede variar entre el 2,6 al 2,8 % del peso vivo.

Es importante tener este aspecto en cuenta para no subestimarlos. En segundo lugar, el acostumbramiento merece especial atención. En ese período el rumen del animal deberá acostumbrarse progresivamente a fermentar altas cantidades de almidón sin que se provoquen trastornos digestivos. Durante los primeros 15 a 20 días ocurre el proceso de acostumbramiento de los animales a la dieta de alta concentración energética. Debería comenzarse con una dieta mayoritaria en heno (fibra) para en el término de 15 a 20 días estar en la dieta de alto grano. La velocidad de este proceso depende de la rutina y la adaptación de los animales. Una estrategia simple es comenzar con una dieta con 30 % de grano durante 4 días, luego pasar a 40 % de grano durante 4 días, luego a 50 % de grano durante 4 días, luego a 60 % de grano durante 4 días y finalmente instalarse en la dieta final.

Si bien muchos trabajan ofreciendo a voluntad (comedero lleno), sería ideal alimentar en forma intermitente varias veces al día (3 o más) para evitar grandes volúmenes en el comedero que pueden resultar en sobre-consumo por parte algunos animales, la separación de las fracciones componentes del alimento por selección o por migración de las partículas más finas hacia el fondo del comedero. En la práctica se recomienda ofrecer el alimento al menos dos veces por día, dividiendo en 2 la oferta diaria (según los cálculos sugeridos anteriormente). Al ofrecer 2 o 3 veces al día el consumo será más homogéneo, la separación de componentes de la dieta menor, habrá menor incidencia de acidosis subclínica (empacho) y menor desperdicio.

Se sugiere planear el comedero con un frente de 30 cm por animal, dispuesto sobre una de las caras del corral (acceso de los animales por un lado solamente). Esto permitirá que al menos el 70 % de los animales tengan acceso al comedero al mismo tiempo. Los comederos de bolsa o plástico funcionan bien y resultan menos onerosos para estos planteos temporarios.

La rutina de alimentación es importante. No deberían alterarse o molestarse los animales innecesariamente con pesadas u otros movimientos innecesarios. Toda pesada o vacunación debe ser planeada tratando de evitar ayunos prolongados que puedan exponer a sobre consumos y empachos posteriores.

## LOS COSTOS

El primer análisis y más directo del negocio del encierre a corral es el costo - beneficio de la conversión de alimento en el comedero a carne. Como puede observar en los cuadros siguientes (A y B), el negocio depende de la eficiencia de conversión y fundamentalmente la relación de precios entre el precio de compra del ternero y el precio de venta del animal gordo. La eficiencia de conversión está muy ligada a la categoría animal. Los animales jóvenes tienen eficiencias mayores que los más grandes. De los cuadros emana que, a los precios actuales del gordo, existe un rango de precios de compra o ingreso al corral mayor para justificar la actividad en las categorías jóvenes. En el novillo el negocio es menos atractivo y muy sensible al precio del novillo al ingreso. En esta categoría la eficiencia de conversión rondará entre el 7 y el 8 a 1 (o sea 7 a 8 kg de alimento por kilo de aumento de peso producido), cuando en terneros o vaquillonas las eficiencias de conversión pueden estar en el 5 a 6 a 1.

Siendo el grano el insumo principal, debería realizarse la evaluación a costo de producción y a costo de oportunidad de sus insumos. Generalmente se realiza primero en base al costo de oportunidad del grano (valor de mercado) y se opina sobre la factibilidad del negocio sobre esa base. Pero debe entenderse que este cálculo provee información del ingreso marginal posible y no sobre la ganancia o pérdida neta de la actividad. Dicho de otra forma, realizado por costo de producción (por supuesto si tengo capacidad de producir el grano) puedo concluir que el negocio del engorde puede ser rentable, pero similar o no tan rentable como vender el grano.

El segundo análisis y más complejo, es el del negocio en su conjunto en el sistema de producción de toda la empresa. En Argentina ha sido éste y no el otro, el motivador de la implementación de engordes en confinamiento de bovinos para carne. En algunos casos resulta un cambio de capital de una forma en otra, pero permite el acopio de mayor carga para aprovechar el forraje de primavera con mayor eficiencia (engordes de acopio y de posdestete), en otros permite la terminación de animales jóvenes (terneras y terneros o novillitos) como gordos descargando el campo o descomprimiendo temprano planteos de cría. Ante emergencias climáticas (sequías e inundaciones) ha sido la herramienta que rápidamente permite descomprimir el campo de categorías de alta demanda de calidad. Y, en los planteos agrícola, permite reformular las actividades y las rotaciones eliminando verdes de invierno o de verano. Para algunos planteos de cría ha sido una alternativa a la venta de terneros al destete.

Este segundo análisis es particularmente necesario cuando se plantea el encierre sobre silajes de planta entera o grano húmedo, ya que la convertibilidad de estos alimentos en otras formas o su venta directa como en el caso del grano seco es menos viable o inviable por lo que no tiene costo de oportunidad luego de producido el silo.

### A. Ejemplo de dieta para engorde y costos del alimento

A corral de novillos

	%	PB, %	\$/kg	
Grano Maíz	77.2	8.5	0.28	0.216
Heno (rollo)	12	14.0	0.20	0.024
Pellet girasol	8	31.0	0.30	0.024
Pellet soja	0	48.0	0.50	0.000
Urea	0.8	280.0	0.70	0.006
Suplem. Min vit + mon.	2	0.0	0.84	0.017
		13.0		0.287
Sumin. y otros	8%			0.023
Total, \$/kg alimento				0.309

Parámetros físicos

Peso inicial	300 kg		
Peso final	420 kg		
Peso medio	360 kg		
Consumo	2.8 % PV		
Consumo	10.08 kg MS/d		
APV	1.34 kg/d	Eficiencia de conversión y costo	
Período	89 días	kg alim/kg APV	\$/kg PV
Costo alimentación	3.12 \$/d	4:1	1.24
Costo alimentación	279 \$	5:1	1.55
Costo/kg PV	2.32 \$/kg	5.5:1	1.70
Precio venta	2.05 \$/kg	6:1	1.86
Ingreso venta	861 \$/animal	7.5:1	2.32

Efecto del precio de compra sobre el engorde

\$/kg PV compra	Ternero \$	Inversión \$	Dif.	
1.80	540	819	42	5 %
1.85	555	834	27	3 %
1.90	570	849	12	1 %
1.95	585	864	3	0 %
2.00	600	879	18	-2 %
2.05	615	894	33	-4 %
2.10	630	909	48	-5 %
2.15	645	924	63	-7 %
2.20	660	939	78	-8 %
2.25	675	954	93	-10%

**B. Ejemplo de dieta para engorde y costos del alimento**

A corral de temeros

	%	PB, %	\$/kg	
Grano Maíz	74.2	8,5	0.28	0.208
Heno (rollo)	8	12.0	0.20	0.016
Pellet girasol	10	31.0	0.30	0.030
Pellet soja	5	48.0	0.50	0.025
Urea	0.8	280.0	0.70	0.006
Suplem. Min vit + mon.	2	0.0	0.84	0.017
		15.0		0.301
Sumin. y otros	8%			0.024
Total, \$/kg alimento				0.325

Parámetros físicos

Peso inicial	160 kg		
Peso final	280 kg		
Peso medio	220 kg		
Consumo	3 %PV		
Consumo	6.6 kg MS/d		
APV	1.20 kg/d	Eficiencia de conversión y costo	
Período	100 días	kg alim/kg APV	\$/kg PV
Costo alimentación	2.15 \$/d	4 :1	1.30
Costo alimentación	215 \$	5: 1	1.63
Costo/kg PV	1.79 \$/kg	5.5:1	1.79
Precio venta	2.15 S/kg	6 :1	1.95
Ingreso venta	602 \$/animal	7.5 :1	2.44

Efecto del precio de compra sobre el engorde

\$/kg PV compra	Ternero \$	Inversión \$	Dif.	
1.80	288	503	99	20 %
1.85	296	511	91	18 %
1.90	304	519	83	16 %
1.95	312	527	75	14 %
2.00	320	535	67	13 %
2.05	328	543	59	11 %
2.10	336	551	51	9 %
2.15	344	559	43	8 %
2.20	352	567	35	6 %
2.25	360	575	27	5 %

## ASPECTOS DE DISEÑO

En planteos temporarios algunas de estas sugerencias pueden resultar irrelevantes pero es útil tener algunas de ellas en cuenta, especialmente si el encierres es de lotes numerosos, que superan los 200 animales y exigen de una logística espacial. Si se van a superar los 500 animales en encierres, el diseño de los corrales y de todo el movimiento alrededor, tanto de alimento como de efluentes, es conveniente que sea pensado previamente. En particular, imaginar el escenario ante inclemencias climáticas persistentes como lluvias, vientos, etc.

### 1. El sitio y los corrales

La ubicación del sitio y el posterior diseño de las instalaciones requiere de varias definiciones previas que en primer lugar involucran a la escala (cantidad de animales) y en segundo lugar a la hidrología de lugar y externalidades (efectos posibles sobre el agua, el aire y aspectos sociales o culturales; ej. proximidad a centros urbanos, paisajes, etc.). (ver Gestión Ambiental en el Feedlot Guía de Buenas Prácticas).

Los rumiantes (los bovinos) son más eficientes para producir carne o leche en climas templados y secos que en climas cálidos y húmedos. Están más preparados para adaptarse al frío que al calor. Por ello, de tener elección, la instalación de feedlots de gran escala en el mundo ocurre en climas templados a templado fríos y semiáridos. Además, de ser posible, el grueso del engorde ocurre durante los meses de otoño, invierno y primavera, tratando de reducir la magnitud de los encierres en verano. En las otras regiones también se encuentran engordes a corral pero la adecuación a las condiciones ambientales exige de mayores costos e impone menores eficiencias.

En la elección del sitio sería conveniente considerar primero las posibilidades de drenaje desde cada corral y la colección de efluentes en una vía de drenaje común hacia una laguna de decantación y de almacenamiento de efluentes, particularmente en regiones de buena precipitación. Luego se procederá al diseño espacial de los corrales.

### 1. El piso

Sería conveniente que en el sector elegido el piso sea de buena compactación o compactable por los animales, en un lugar elevado, con buen drenaje. La pendiente general debería no superar el 4 % en el sentido opuesto a la ubicación del comedero y no ser menor que el 2 % para que el agua de lluvia y excrementos líquidos tenga una salida rápida del corral. Ello evitará el encharcamiento y anegamiento. Debe particularmente protegerse el área próxima al comedero incrementando incluso la pendiente en ese sector si existe el riesgo de lluvias frecuentes o de alta intensidad. Pendientes inferiores al 2 % exigen de alomados en los corrales y remodelado del terreno para dirigir escurrimientos. Pendientes superiores al 4 % pueden exponer al escurrimiento descontrolado y a la erosión hídrica ante precipitaciones intensas.

El suelo debería ser el más firme posible para que los efluentes líquidos movilizados por la lluvia no infiltren. En primer lugar la infiltración provoca anegamientos y compromete el espacio disponible para el animal, dificulta el movimiento de los animales y expone a afecciones de patas y prepucio por estar en contacto con ese medio húmedo y sucio permanentemente. El anegamiento afecta además directamente al consumo y a la eficiencia de conversión. Los animales comerán menos y convertirán ineficientemente debido al gasto energético adicional de moverse en un medio anegado. En segundo lugar, la infiltración transporta nutrientes excretados por los animales en las heces y orina y se corre el riesgo de contaminar las aguas subterráneas. Es mejor controlar y poder dirigir los efluentes a sitios de evaporación y uso posterior. Tampoco serían indicadas las superficies demasiado duras como los pisos de cemento o muy endurecidos con piedra o tosca por sus efectos sobre el animal. Las superficies muy pedregosas resultan frecuentemente en patas lastimadas, heridas infectadas, problemas de articulaciones de las patas y limitaciones al movimiento.

Se recomienda que los corrales donde los animales pasan todo su tiempo y son alimentados, tengan un espacio mínimo de 20 m<sup>2</sup> por animal para que el confinamiento no los incomode. Superficies mayores no generarían inconvenientes (hasta 40 m<sup>2</sup>), sin embargo corrales muy grandes exponen a un mayor movimiento y también al desperdicio de superficies. Deberían planearse para tamaños de lotes no mayores de 250 animales livianos (novillitos o vaquillonas) y no más de 200 novillos grandes en terminación. Cantidades mayores crean problemas sociales en el corral y pueden complicar la homogeneidad del consumo. Es importante armar lotes parejos. De poder planearse la forma, se sugiere que los corrales sean de 60 m de frente por 50 o 60 de fondo. Ese diseño rectangular o cuadrado de los corrales no es sin embargo una condición excluyente de otros diseños ajustados a la topografía, pudiendo los corrales tomar formas diversas adecuados a la pendientes siempre que se respete el espacio mínimo necesario de comedero por animal confinado.

### 2. Los comederos

Los 60 m de frente de cada corral permiten ubicar el comedero en ese frente, contando con 30 cm de espacio de comedero por animal para un número de 200 a 250 animales. Ese frente mínimo permite que entre el 65 el 75

% de los animales tengan acceso simultáneo a los comederos. No sería necesario tener espacio para el 100 % de los animales en forma simultánea, ya que no todos intentarán comer al mismo tiempo (a diferencia de la suplementación en pastoreo).

Por motivos de higiene, protección del piso y de funcionalidad en la distribución es importante que los comederos estén sobre uno de los lados del corral y no dentro del mismo. Aunque ello imposibilita que ambos lados del comedero puedan ser utilizados por el animal y exige de una mayor longitud de comedero, los aspectos prácticos de la alimentación lo justifican. Es necesario que los carros de alimentación, mixers o camiones de distribución alimenten de la forma más limpia posible, permanezcan siempre limpios y no sean expuestos a la contaminación con efluentes o excrementos, para evitar el traslado o transmisión de enfermedades, contaminaciones, o comprometer la palatabilidad del alimento. En planteos precarios o transitorios, donde se alimenta dentro del corrales, el tractor y mixer han sido el principal factor de destrucción de piso, anegamientos y complicaciones en el acceso de los animales a los comederos, incluso responsables de accidentes con los animales o con los comederos (golpes, quebraduras de patas y costillas, etc.).

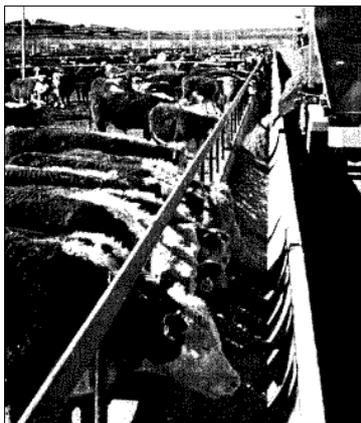
Los comederos deberían coincidir con el sector más alto del corral o al menos en un área donde no se corre riesgos de acumulación de agua y formación de barro. En los casos en los que se levanta el centro de los corrales con lomas de tierra para aumentar el área seca en los corrales, debería asegurarse que el agua fluya en la dirección opuesta a los comederos.

Aunque la forma y material de los comederos variará mucho en función del costo, algunos elementos que aportan a la funcionalidad e higiene deben tenerse en cuenta. El comedero debe permitir un acceso fácil del animal a la comida y la recolección de la misma sin esfuerzo por parte del animal. Para ello es conveniente que el interior del comedero sea lo más liso posible, de caras internas redondeadas, sin ángulos que dificultan al animal la recolección del alimento o la limpieza rápida. En su exterior es deseable que sea de caras o lados rectos. Ello facilita la limpieza rápida hasta el suelo, evitando la acumulación de alimento y excrementos debajo del comedero o adherido a sus lados por dificultad de acceso. Esto ocurre con comederos demasiado convexos (las anchos arriba que abajo, de sección semicircular o apoyados sobre patas con áreas libres. Es preferible levantar el interior del comedero si se estima que quedará muy profundo con mampostería. En los casos en que los costos obligan al uso de comederos del tipo bandeja, deberían despejarse del piso lo suficiente como para poder limpiar sin dificultad.

Es conveniente compactar muy bien o proveer un piso de cemento o entoscado de al menos 3 cm de ancho a la manera de guardapolvo en todo el largo del frente de comedero. Ese sector será un área de alta presión y mucho movimiento de los animales acercándose y alejándose del comedero. En suelos arenosos en nuestra región, ese sector se erosiona rápidamente y se anega si previamente no ha sido preparado. En corrales previstos para funcionar en forma permanente el levantado y enriquecido con cementos o arcillas o entoscado es necesario para soportar la acción de los animales. Si se construye una vereda de cemento, esta debería permanecer limpia por lo que se sugiere tenga una pendiente del 10 % y un espesor de 10 a 15 cm si se fabrica de cemento. Adicionalmente, sería conveniente construir un escalón de 10 a 15 cm de alto y 30 a 40 cm de ancho, a lo largo de todo el comedero, del lado del corral. Esta estructura desalienta a los animales a pararse paralelos al comedero por tiempos largos evitando el acceso de otros al comedero, como también a retroceder y apoyarse, rascarse, golpear o defecar sobre los comederos.

El área de la calle en contacto con la cara externa del comedero debería permanecer bien limpia. Para ello la calle debe limpiarse con facilidad por lo que es conveniente que la cara exterior del comedero sea plana y vertical en 90° con respecto al suelo, caras apertura hacia fuera o redondas dejan áreas difíciles de limpiar contra el área de contacto del comedero con el suelo. El alimento que se acumula se descompone rápidamente y, además de ser un foco de putrefacción y desarrollo de enfermedades, genera olores indeseables que pueden alejar a los animales del comedero y afectar el consumo voluntario. Algunas experiencias proponen incluso como conveniente dar una pequeña inclinación hacia el corral a la pared exterior (pared que da a la calle de alimentación) para reducir la posibilidad de contacto con partes móviles de implementos de limpieza con la pared.

Los comederos deberán llevar por encima una protección de hierro, madera o alambre que opere de cerco eliminando la posibilidad de que los animales se metan en los comederos, que desperdicien el alimento y que los salten por encima. No existen diseños fijos de protectores, lo modernos se hacen de una sola línea de caño o dos de hierro dispuesta por sobre el comedero, del lado del corral o por sobre aproximadamente el centro del comedero a 40 o 50 cm (ajustable si fuera posible) de altura desde el borde interno del comedero. En el caso de doble línea de hierro podría instalarse en forma oblicua (corte transversal), quedando la línea inferior a 35 cm (en línea vertical desde en centro superior del comedero). Ello permite un mejor acceso del animal al alimento y previene el desaprovechamiento del alimento por cabeceo, pero exige de una mayor estructura. Es posible también la confección con alambre, reforzando la línea más baja con doble hilo de acero. Toda estructura deberá sostenerse de la pared del lado del corral y dejar la exterior (del lado de la calle) sin obstrucciones y limpia para repartir el alimento. En el caso de los comederos construidos en el mismo sitio, los postes podrán ser embutidos en la misma pared del comedero. Estos postes sostendrán una estructura de material y forma variables, confeccionados muy simples con un solo caño, vigas de madera, alambre, cable de acero o hierro.

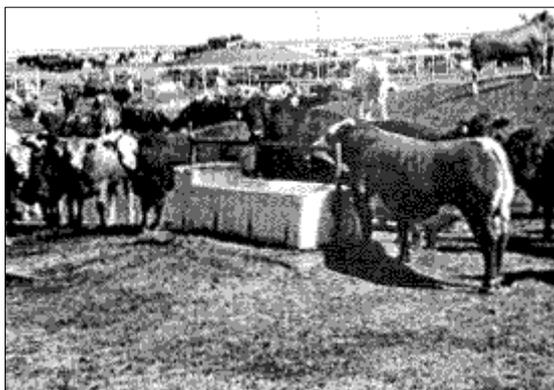


### 3. Bebederos

El libre acceso al agua limpia y fresca es fundamental para sostener un buen consumo y engorde. El consumo de agua depende de la categoría y tamaño del animal, la dieta y fundamentalmente de la humedad y temperatura ambiente. Se recomienda la instalación de dos bebederos separados dentro de cada corral (con capacidad para 200 a 250 animales). No es conveniente utilizar bebederos muy profundos o de gran volumen. El agua retenida por mucho tiempo permanece generalmente más sucia y menos fresca. Los animales beben mejor de bebederos poco profundos con alto caudal que renueva rápidamente el agua disponible. Adicionalmente, bebederos poco profundos son más fáciles de limpiar y sufren menos roturas. El frente de bebedero a disponer por animal es muy relativo al caudal y factores antes citados, pero se sugiere utilizar al menos 3 cm de bebedero por animal.

El diseño de la provisión de agua deberá tener capacidad para ofrecer con seguridad al menos 70 litros por animal y por día en verano y la mitad de ese volumen en invierno, para animales grandes (vacas o novillos en terminación). Frecuentemente se utiliza como referencia el valor de 7 litros por cada 50 kg de peso vivo. La reserva de agua y el caudal deberán preverse para ofrecer el agua demandada diariamente en un período no superior a 8 horas (período que generalmente se inicia con un alto consumo a la hora de ofrecido el alimento de la mañana. En los sistemas que alimentan dos y tres veces por día, el consumo de agua sigue la curva de consumo de alimento, pero se destaca el consumo agua de la mañana luego del primer ofrecido de alimento.

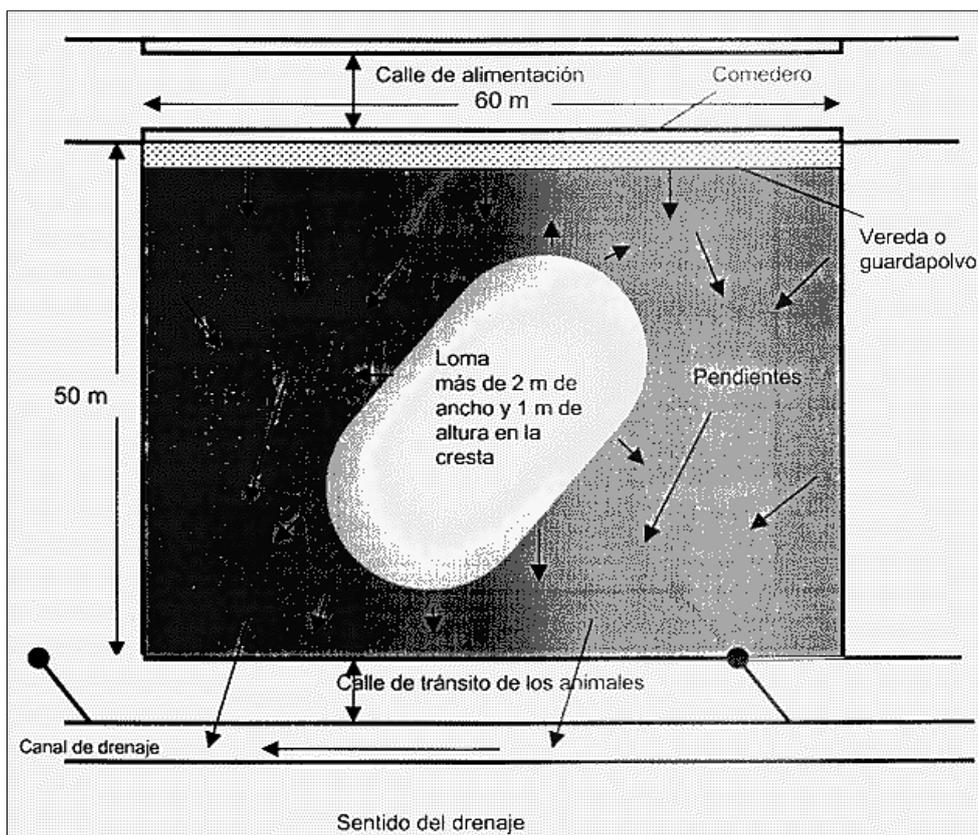
Además de servir a una mejor distribución de los animales en el corral reduciendo la presión sobre los comederos, el alejamiento del comedero evita que los animales lleguen a abrevar con mucho alimento en la boca y ensucien el agua. El bebedero debería localizarse en la mitad del corral más alejada del comedero, al menos 10 metros del mismo y no debería ser compartido entre corrales para evitar presiones sobre los lados del corral. Ello reduce los contactos entre lotes y las posibilidades de agresiones y también de contagios. Sería conveniente se provea de un guardapolvo de cemento o suelo compactado, preparado para soportar la acción de las patas de los animales y la alta presión animal, cubriendo un área de hasta 2 m desde el bebedero.



### 4. Lomas en los corrales

Cuando las pendientes han sido previstas y la superficie corregida a pendientes entre el 2 y 6 %, no se requieren lomas interiores para proveer a los animales de superficies secas y limpias. Sin embargo en corrales con muy poca pendiente (0 a 2 %) se debe recurrir a las lomas para mantener áreas drenadas. Estas lomas funcionan además de sistema rompavientos dada la rugosidad que imponen a todo el área de corrales del feedlot. Las lomas permanentes deben construirse con suelo susceptible de ser compactado y resistente a la tracción.

Se sugiere las lomas tengan un ancho de al menos 2 m y una altura de 1 m en el área de la cresta. Sus lados no deberán ocupar todo el corral, sino construirse con una pendiente de 1 en 5. Deberá además tenerse en cuenta la exposición de las mismas con respecto al flujo de efluentes del corral para evitar generar obstáculos al drenaje del corral, evitar generar sectores críticos (como construcciones muy próximas a los lados del corral) que reduzcan el área útil del corral o sean de riesgo para los animales. Debería además contemplarse la exposición para servir de reparo de los vientos predominantes.

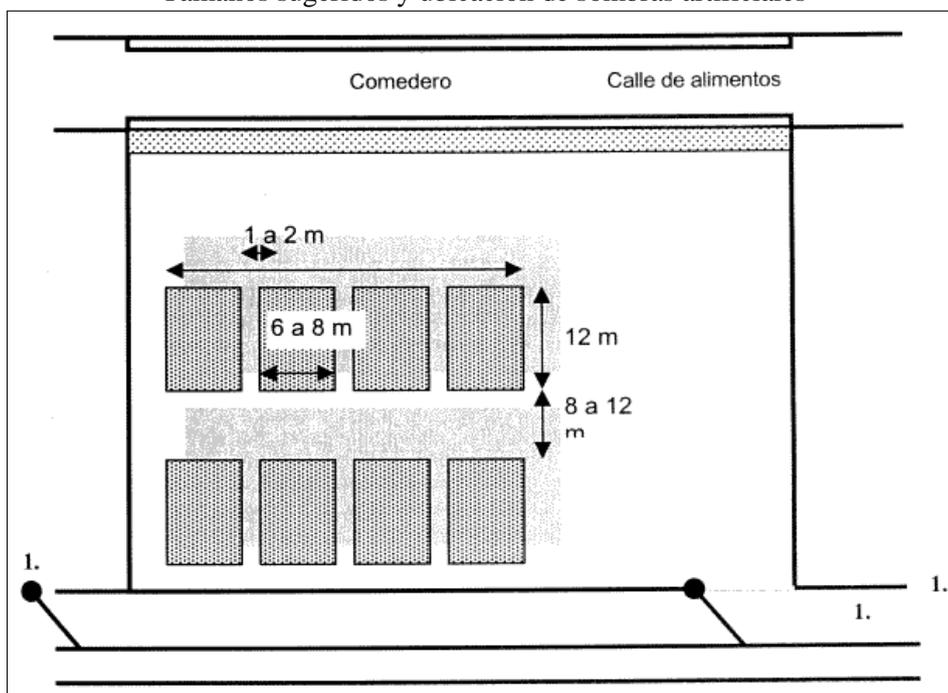


## 5. Sombra

La sombra provee enfriamiento y alivio térmico en regiones donde las temperaturas exceden frecuentemente los 35°C y la humedad ambiental es elevada. Las temperaturas altas resultan generalmente en menor consumo de alimento. Las razas de origen cebú toleran mejor las altas temperaturas. Por su parte, los animales con mayor grado de terminación (cobertura grasa) sufren fácilmente de stress térmico.

El grado de saturación y movimiento del aire son factores centrales en la eficiencia refrigerante de la sombra. El diseño de la sombra deberá permitir una remoción rápida permanente del aire. Debe tenerse en cuenta que la presencia de sombra es un factor de concentración de animales, heces y humedad. La disposición de la sombra deberá permitir una alta eficiencia en el uso de la misma, el alejamiento de los comederos en lo posible y también un secado del suelo. Áreas con sombra permanente son más húmedas y concentradoras de heces. Generalmente las sombras extendidas de norte a sur son más secas que las de este a oeste. Se sugiere que el área de sombra a lograr debería ser de 1,5 a preferiblemente 4 m por animal, aunque ello depende de numerosos factores, principalmente del tipo y rigurosidad del calor y de la categoría animal.

Tamaños sugeridos y ubicación de sombras artificiales



Para evitar restringir el movimiento del aire y alcanzar proyecciones de sombra significativas se sugiere que las estructuras de sombra tengan al menos 4 m de altura y anchos de no mayores a los 12 m, con corredores de aire (áreas sin sombra) de al menos 15 m entre franjas. Los materiales de matriz tramada en plástico negro tipo "media sombra", comunes en el mercado, son suficientes. Se sugiere utilizar los materiales con no más de 80 % de cobertura en la matriz del material, los de mayor densidad tienden a retener agua y sufren roturas luego de una lluvia. Es conveniente que la sombra se pueda recoger o retirar en los meses fríos para no limitar la exposición al sol.



**6. Otras protecciones**

Forestaciones en cercos próximos a los corrales proveen también de barreras al viento reduciendo la incidencia del viento en climas fríos y lluviosos o muy ventosos o incluso como oferentes de sombra. Sin embargo, debe tenerse en cuenta la ubicación y las características de la masa arbórea. Los árboles de hoja permanente deben evitarse en las barreras al este y al norte, los de hoja caduca serían los indicados para esos sectores ya que voltean las hojas en invierno y no limitan en ingreso de energía solar en esa época. Los lados sur y suroeste y oeste pueden protegerse con árboles siempre verdes que representan una barrera permanente a los vientos del sur, fríos y frecuentes en invierno.

Las forestaciones se plantean como barrera cuando incorporan más de una línea de árboles. La separación entre estos dependerá mucho del tipo de árbol, pero desde el punto de vista práctico no deberían tener menos de 3 m entre árboles por las limitantes de la maquinaria para limpiar el área (malezas, ramas, etc.) o realizar trabajos culturales sobre los árboles. Otros aspectos a considerar en el distanciamiento son los relacionados con la competencia entre árboles y la altura a lograr. A densidades altas, las alturas pueden ser mayores pero es menor el desarrollo lateral de las plantas y su resistencia. Por otro lado, cortinas muy densas pueden provocar una disminución excesiva del flujo de aire y ser motivo de incremento de temperatura, humedad, plagas y olores.

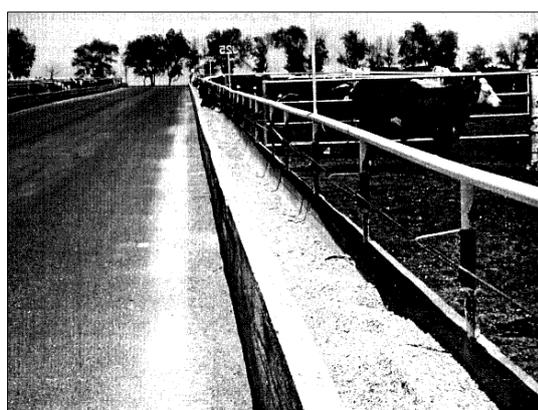
Se sugiere que el grosor de la cortina no debería exceder 3 veces la altura de la misma. En la medida que la cortina crece en densidad y grosor la pared al viento es mayor, el movimiento de aire a través de la misma es me-

nor y, aunque el ascenso de aire en la cara expuesta al viento es máximo, el descenso de la masa luego de pasada la cresta de árboles es muy rápido reduciéndose el tamaño del área protegida. El ancho de una cortina o cinturón de árboles no debería superar las 7 filas en un ancho de 45 m. La protección que se alcanza cubre aproximadamente entre 10 a 20 m desde la cara interna de la cortina. Las cortinas multi-específicas e incluso con arbustos permiten incrementar la efectividad rompe-vientos de la barrera.

Adicionalmente, los bosques o plantaciones pueden proponerse para incrementar la evaporación de aguas y reducción del nivel de freática a través de la evapo-transpiración de la masa arbórea en áreas con drenaje pobre o comprometidas con freáticas altas. Finalmente, las plantaciones en cortinas o en bosques permiten mejorar la imagen de todo el área por su efecto enriquecedor del paisaje.

## 7. Calles de alimentación

La ubicación de las calles de alimentación depende de la distribución de los corrales. Por estas calles transita el alimento, son las denominadas "limpias" y deberían corresponderse con los sectores más altos del predio, con drenaje en un sentido (alejándose de las instalaciones de preparación de alimentos y de alto tránsito) y abovedadas para que no acumulen agua y barro. La calle de alimentación debería permitir el tránsito cómodo de dos transportes de alimento en sentido opuesto para ir y poder regresar por la misma sin verse obligado a transitar por calles sucias. El ancho frecuente es de al menos de 5 a 6 m.



## 8. Calles de los animales

Las calles por las que transitan los animales (o calles sucias) hacia los corrales de alimentación o viceversa son calles que se ubican sobre el lado opuesto a los comederos. Son más sucias, están expuestas al tránsito de los animales y sus excrementos. Están en áreas más bajas y en ellas también coincide la estructura de recolección de los efluentes líquidos de los corrales. En ellas (a sus lados) deberían planearse los canales colectores del drenaje de los corrales en tránsito hacia una laguna de decantación. Deberían también ser abovedadas para que permanezcan secas y sequen rápido luego de una lluvia. En estas calles es muy importante el diseño de la pendiente general para evitar que se encharquen y aneguen. En planteos de encierre que no han tenido en cuenta el flujo y manejo del escurrimientos y efluentes, frecuentemente se observan charcos o lagunas que inutilizan las calles e incluso avanzan sobre los corrales.

Debido a los movimientos frecuentes de los animales en un feedlot y a la alta concentración por unidad de superficie, si los traslados no se logran con tranquilidad y de forma fluida, el nerviosismo se generaliza y se expone todo el feedlot a trastornos del comportamiento, alteraciones de la rutina y finalmente a depresión o irregularidad en el consumo. El estrés generalizado puede terminar en depresión inmunológica y en avance de enfermedades diversas. Es conveniente que estas calles sean lo suficientemente anchas para traslados cómodos pero también posibles de ser bloqueadas con las mismas tranqueras de acceso a los corrales. Un ancho de al menos 3,5 a 4 m sería el indicado. Ello facilita los movimientos de hacienda sin exponer a escapes de animales y corridas no deseables. Tampoco es deseable tener que usar demasiadas personas para cerrar calles o cortar el ingreso de los animales a determinados lugares. Es preferible que esos bloqueos ocurran con tranqueras a las que los animales ya están habituados. Si fuera posible por la infraestructura y el tamaño de los grupos, sería conveniente que esos movimientos de animales los realice una sola persona y evitando en todo momento la presencia de perros.

## 9 Corrales de recepción

Los corrales de recepción son corrales que se deben ubicar en la cercanía de los corrales de manejo y tratamiento de los animales, generalmente también conectados al muelle de descarga. En su diseño se deberían tener en cuenta los aspectos de diseño comentados para los corrales de alimentación, excepto que el espacio disponible

por animal podría ser de la mitad porque los animales estarán transitoriamente en estos corrales. Deben tener comedero y agua y ser de fácil ingreso y egreso, y una calle de acceso del carro de alimentación al comedero.

En estos corrales se ingresa con los animales que recién llegan al feedlot. Es el lugar donde descansan, se los alimenta a dietas fibrosas (alto contenido de henos o silajes) y desde donde se los lleva al corral del manejo para vacunaciones, implante, curaciones, marcado, señalada, castraciones, control de parásitos u otros tratamientos. Generalmente un lote sin problemas sanitarios no debería permanecer más de una semana en este corral para ser trasladado a los corrales definitivos. En algunos casos de orígenes dudosos respecto de enfermedades se puede utilizar estos corrales para imponer una "cuarentena" a los animales mientras se los acostumbra allí a la dieta de alto contenido de grano.

Es conveniente tener al menos un corral de este tipo. Los corrales de recepción sirven también para tener transitoriamente animales que han sufrido algún trastorno metabólico (acidosis), heridas u otro tipo de afección pasajera, pero no aquellos con enfermedades infecciosas que puedan contaminar el corral y luego contagiar tropas que ingresan al predio. Para animales enfermos se construyen los corrales de enfermería u hospital.

### 10. Corrales de enfermería

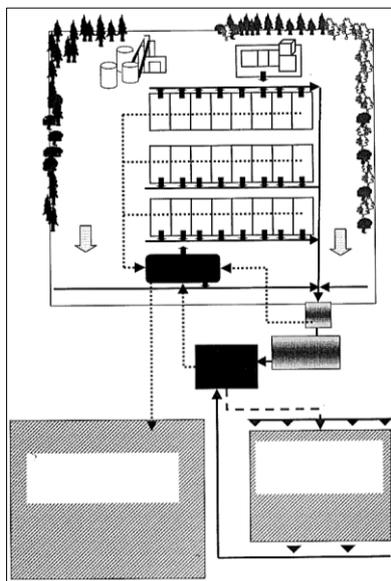
Son corrales que deben tener rápido acceso desde los corrales de manejo pero deberían estar aislados del movimiento de los animales sanos. Se deben ubicar preferentemente alejados de los corrales de alimentación y de los de recepción. Se deben planear con espacios similares a los de recepción y con un diseño similar en comederos y provisión de agua. Estos corrales se destinan a animales enfermos con manifestaciones clínicas de enfermedades infecciosas y que se encuentran en tratamiento. Se planifican al menos un par de ellos con una capacidad para 30 a 50 animales. En estos corrales los animales permanecen entre 15 y 25 días dependiendo del tipo de tratamiento. Luego del tratamiento de una afección infecciosa, los corrales deberían ser limpiados y desinfectados con cal u otro desinfectante total o de amplio espectro.

Se debería disponer de 3 a 5 m<sup>2</sup> por animal y una pendiente de 2 al 5 %. Deben ser de piso firme y seco cuyos lavados o efluentes no acceda al área de los corrales de alimentación aunque finalmente terminen en la misma laguna de almacenamiento de efluentes. Frecuentemente se les incorpora un refugio de las características antes descritas y si las condiciones de piso en el refugio pudieran poner en riesgo la higiene en el refugio, es conveniente construir un piso de cemento rugoso con buena pendiente hacia fuera. Es importante además ubicar estos corrales de tal forma que sea factible y simple el acceso con vehículos para tratar a algún animal en el lugar o su traslado.

### 11. Estructuras de captura y manejo de efluentes y estiércol

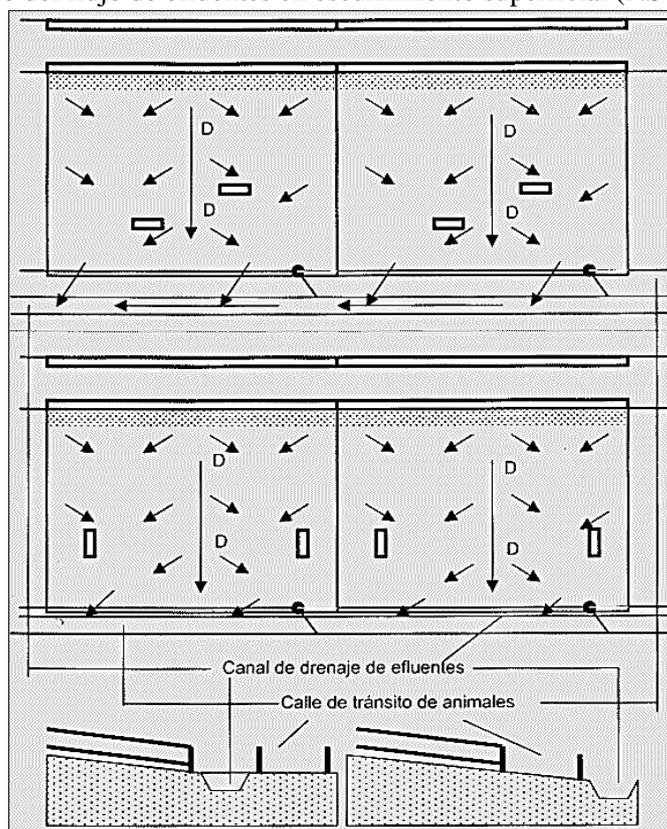
El manejo de efluentes líquidos y estiércol requiere del diseño de estructuras de captura o concentración, recolección, procesamiento y reuso o dispersión de las excretas (Figura 1). La información sobre la escala del feedlot (cantidad de animales a contener) y sobre las características topográficas, edáficas, hidrológicas y climáticas del sitio constituye la base del diseño. El objetivo debe ser la contención y manejo de los efluentes líquidos y sólidos para reducir al mínimo los escapes al medio y el proceso debería iniciarse con la estimación de los volúmenes a generar y consecuentemente a contener, tanto en líquidos como en sólidos.

Figura 1.- Esquema de una estructura de manejo de efluentes líquidos y de estiércol en el diseño de un feedlot.



En los feedlots a cielo abierto, los efluentes líquidos son generados a partir de las deyecciones y el aporte de agua de las precipitaciones. El área del feedlot, las precipitaciones y las condiciones del suelo o piso de los corrales (textura, compactación y pendientes) definen el volumen de líquidos (Figura 3.1). El sistema de captura de efluentes tendrá sentido si se corresponde con un buen diseño topográfico y tratamiento del piso de los corrales para reducir al mínimo la infiltración y facilitar el escurrimiento controlado (NSW Agriculture, 1998).

Diagrama del diseño del flujo de efluentes en escurrimiento superficial (NSW Agriculture, 1998)



De manera similar, los volúmenes de sólidos generados (estiércol) deben ser estimados, y luego planificado su manejo de acuerdo a pautas que permitan maximizar la retención de nutrientes y otros elementos con potencial contaminante en la masa de estiércol, minimizando su movilización no controlada, y preparando su traslado fuera de los corrales y su uso posterior.

### A. Manejo de los efluentes líquidos

Las instalaciones para el manejo de efluentes se componen de un sistema de recolección de los líquidos en escurrimiento superficial a través de una estructura de drenajes primarios y secundarios colectores y su captura en sistemas de tratamiento (decantación de sólidos, reducción de materia orgánica y evaporación de agua) y almacenamiento para su posterior uso (riego).

#### 1. Área de captura y drenajes

Se entiende por área de escurrimiento de efluentes a la superficie de todo el feedlot que recibe o captura líquidos, lo que finalmente deberán ser conducidos y tratados evitando su infiltración o movimiento descontrolado. El área deberá incluir:

- ◆ área de corrales de alimentación, recepción y enfermería,
- ◆ área de corrales y manga de manejo o tratamientos,
- ◆ caminos de distribución de alimento y de movimiento de animales,
- ◆ áreas de almacenamiento y procesamiento de alimentos,
- ◆ áreas de acumulación de heces de la limpieza de los corrales,
- ◆ áreas de silajes,
- ◆ área de lavado de camiones.

En algunos casos el área de corrales recibe los efluentes de los sectores destinados al almacenamiento y procesamiento de alimentos, en otros estos sectores no comparten la misma pendiente por los que sus escurrimientos deben ser conducidos por vía independiente hacia las lagunas de decantación y almacenamiento.

Adicionalmente, debe tenerse muy en cuenta cualquier posible ingreso de escurrimientos externos al área del feedlot, pendientes arriba, que pudiera incrementar la cantidad de agua a drenar. Ante la posibilidad de ganancia de efluentes es necesario desviar esa carga antes de que ingrese al área de feedlot. De lo contrario se pierde control de los volúmenes que se recogerán y se incrementan los costos de la estructura de efluentes (se requerirán lagunas más grandes) como los riesgos de erosión del piso y el deterioro de las instalaciones. Estos sistemas de desvío de escurrimientos deben ser diseñados con salida permanente en drenaje hacia canales colectores y descarga en áreas más bajas con mucha vegetación, lagunas con salidas que retoman el cauce natural de las aguas luego de pasado el sector del feedlot, o lagunas de decantación y almacenamiento que pudieren ofrecer agua para riego u otros usos.

### **Drenajes**

El sistema de drenajes debería ser concebido para: 1) evitar el ingreso de escurrimientos superficiales al área del feedlot, 2) crear un área de escurrimiento controlado, 3) coleccionar el escurrimiento del área del feedlot y transferirlo, vía sistemas de sedimentación, a lagunas de decantación y sistemas evaporación, y 4) proveer sistemas de sedimentación para remover sólidos arrastrados en el líquido efluente, con el objeto de manejar los efluentes y proteger los recursos hídricos locales de la contaminación, evitar la formación de barro y sectores sucios propicios para el desarrollo de putrefacciones, olores y agentes patógenos.

### **Dentro de los corrales**

El control de la escorrentía, la erosión y los sedimentos dentro de los corrales están determinados por la pendiente, la longitud de los corrales, las características de la superficie, y la compactación de la interface suelo:estiércol. Para asegurar buenos drenajes, minimizar los movimientos de tierra y controlar la erosión y el movimiento de sedimentos es conveniente que la pendiente se encuentre entre el 2 y 4 % (NSW Agriculture, 1998). Pendientes superiores al 4 % incrementan los riesgos de erosión. El largo de los corrales no debería exceder los 70 m y ser más cortos en la medida en que se incrementa la pendiente.

Los bebederos deberían estar cerca de las vías de drenaje del corral para evitar que el agua rebalse o salpicaduras de los bebederos por los animales recorra o se distribuya en la superficie del corral incrementando los riesgos de deterioro del piso. En ese mismo sentido, los bebederos deben ser construidos de material u otro recurso sólido, resistente a las roturas y pérdidas frecuentes.

Adicionalmente, la tierra y material fecal acumulado debajo de los cercos o lados de los corrales es motivo de embanque del agua impidiendo el tránsito libre hacia los canales de drenaje. Es conveniente limpiar con frecuencia (mensual, bimensual o de acuerdo a la necesidad) debajo de las costas para evitar ese efecto.

### **Entre corrales**

El drenaje de efluentes entre corrales debería ser parte de un diseño que contempla la recolección de todos los efluentes y su direccionamiento hacia una laguna de decantación. En los feedlots grandes, con varias filas de corrales, los canales primarios de drenaje confluyen en canales secundarios de mayor capacidad y diseñados para soportar un tránsito de mayor caudal. Estos finalmente confluyen en uno central que desemboca en el sistema de sedimentación, previo al ingreso al sistema de almacenamiento.

Los canales primarios en los que drenan los corrales pueden ser de tierra compactada o de cemento. Los segundos son más seguros y eficientes, toleran velocidades mayores de tránsito del agua y auto-limpiantes (se sugiere 3 m/s; NSW Agriculture, 1998), pero más costosos. Los de tierra son más simples pero el agua transita más lentamente y exigen mayor mantenimiento y limpieza. Estos canales no deberían acumular vegetación. Esa vegetación desacelera el tránsito de material, acumula materia orgánica, provoca estancamiento del agua. La limpieza de estos canales vegetados es muy agresiva sobre las paredes y las remueve exponiéndolas a la erosión.

El cálculo del tamaño y pendientes de estos canales (primarios, secundarios o colector central) depende de los volúmenes a transportar y el contenido de sólidos. En el diseño se sugiere que se tenga en cuenta la cantidad de agua a conducir recogida de una lluvia definida de alta intensidad y cantidad de una frecuencia de 20 años. Los canales de drenaje construidos en cemento podrían diseñarse para velocidades de 3 m/s y los de tierra para velocidades no superiores a los 0,6 m/s, dependiendo del tipo de suelo presente. Se sugiere que los canales secundarios y colector central tengan paredes con pendiente de 1:3, una distancia libre al pelo de agua de 0,3 m y un mínimo de profundidad efectiva de 0,6 m (NSW Agriculture, 1998).

## **2. Sistema de sedimentación**

Estos sistemas están diseñados para detener el escurrimiento y permitir la decantación de materiales sólidos antes de ingresar el líquido a las lagunas de evaporación y almacenamiento. Su función es reducir la acumulación de sedimentos y evitar el colmatado de las lagunas de posteriores. Disponer de dos o varias estructuras de sedimentación sería conveniente para poder limpiar unas mientras se utilizan las otras, aunque ello dependerá de la frecuencia de lluvias en la región y los costos (Sweeten, 2000; NSW Agricultura, 1998; Swanson et al., 1973; Lott, 1995).

Los tipos de sistemas de sedimentación se clasifican en lagunas de sedimentación o decantación, depresiones y terrazas, variando en profundidad y tiempo de retención de los líquidos. Las lagunas son de más de 1,5 m de profundidad y no necesariamente descargan luego de una lluvia. Las otras formas (depresiones y terrazas) son menos profundas (0,50 a 1 m) y por su menor capacidad rebalsan y descargan en el sistema de evaporación o en la laguna o pileta de almacenamiento con mucha frecuencia (Sweeten, 1985b; Lott, 1995).

El sistema debe desacelerar el agua para lograr una sedimentación de al menos el 50 %, de los sólidos. Debe ser fácil de limpiar con maquinaria por lo que el piso debe estar muy bien compactado y estabilizado para poder trabajar aún con humedad. Se sugiere incluso la incorporación de una lámina de 30 cm de arcilla mezclada con suelo y compactada para impedir la infiltración y la posible contaminación de la freática. Se sugiere que se logre un suelo con una conductividad hidráulica inferior a  $10^{-7}$  cm/s, considerándose a partir de este valor una "desconexión hidráulica" en el perfil (TNRCC, 1995).

Además de la descarga normal entre la laguna de sedimentación y la evaporación o de almacenamiento, debería planearse un vertedero de desborde para que, en caso de que la laguna se llene muy rápidamente, se pueda dirigir del excedente hacia las otras lagunas. Se sugiere también la construcción de disipadores para reducir la velocidad de ingreso de los efluentes a la laguna de sedimentación. La velocidad flujo del agua en la laguna de sedimentación no debería superar los 0,005 m/s, la altura de lado libre por encima del pelo de agua sería de 0,9 m. Los sistemas de sedimentación deberían ser diseñados para contener el máximo flujo de 24 horas de una tormenta de la mayor intensidad en 20 a 25 años (Sweeten, 2000; TNRCC, 1995).

De toda el agua que ingresa por lluvia al área del feedlot, la cantidad que escurre es menor al 100 % de la misma, una fracción se evapora y otra es retenida y se absorbe en el suelo. En sectores compactados como los corrales y las calles la infiltración es baja y es mayor en áreas vegetadas o de poco tránsito. Frecuentemente los valores utilizados en los cálculos son de 0,60 a 0,85 para los primeros y 0,35 a 0,5 para los segundos. Relevamientos en feedlots de EE.UU. (Gilberson et al., 1980, 1981 Clark et al., 197Y) y de Australia (Lott, 1995) ha determinado alta variabilidad en la cantidad de escurrimiento en relación a las precipitaciones ocurridas (entre el 20 y el 50 %), proporción que varía con el tipo de suelo, las pendientes y la humedad ambiental. Lott et al. (1994,b) determinaron que se requieren de hasta de 20 mm de lluvia para provocar movimientos de escorrentía en varios feedlots de Australia.

Si se utiliza un coeficiente de escorrentía de 0,8 para corrales, calles y otros sectores duros y 0,4 para áreas con vegetación gramínea, el cálculo del volumen de laguna a construir sería (metodología sugerida Lott y Skerman, 1995; citado por NSW Agriculture, 1997):

$$V = Q_p (l/w)^{\lambda} v \quad (\text{Lott y Skerman, 1995})$$

Donde:

V = Volumen de efluentes contener en el sistema de sedimentación ( $m^3$ )

$Q_p$  = Tasa de ingreso ( $m^3/s$ ) para una tormenta de la intensidad máxima esperable cada 20 años.

$l/w$  = relación entre la longitud y el ancho en la dirección del flujo en la laguna a construir

$v$  = velocidad del flujo ( $m/s$ ); máximo = 0,005 m/s

$\lambda$  = factor escalar.  $\lambda$  es un factor que tiene en cuenta la acumulación de sedimentos y la frecuencia de remoción:

Sistema de sedimentación $l/w$	$\lambda$
Depresión 2 a 3	2,5
Terraza 8 a 10	1
Laguna de decantación 2 a 3	6

Se plantea a continuación, a manera de ejemplo, el cálculo de una laguna de sedimentación para un feedlot con capacidad para 5000 animales (según metodología sugerida por Lott y Skerman, 1995; citado por The NSW Inter-Departmental Committee of intensive animal industries. 1997).

Datos del feedlot:

Capacidad = 5000 animales

Área de captura en el feedlot (Área) = 12 ha

Área de corrales = 7,5 ha

Caminos, drenajes y otros = 4,5 ha

Áreas con vegetación gramínea = 0 ha

Coefficiente de escorrentía (CE) = 0,8

Longitud del área = 0,46 km

Ancho del área = 0,26 km

Pendiente = 9 m/km

Datos climáticos:

Intensidad de la lluvia = 54 mm/hora

Precipitación total (Ppt) = 42 mm = 0,042 m

Tiempo de concentración del agua (Tca) = 42 mm/(54 mm/hora)\*60 min/hora = 47 minutos = 2820 segundos.

Cálculos:

$$Q_p = \text{Área (m}^2\text{)} \text{ Ppt (m) CE./Tca =}$$

$$Q_p = 120000 \text{ m}^2 \cdot 0,042 \text{ m} \cdot 0,8/2820 \text{ s} = 1,43 \text{ m}^3/\text{S}$$

Relación entre el largo y el ancho de la laguna (l/w) = 3

Se utiliza para este ejemplo como factor escalar al correspondiente para una laguna de sedimentación, según el cuadro precedente:  $\wedge = 6$

Máximo permisible de velocidad de flujo (v) = 0,005 m/s

Cálculo del volumen mínimo a contener:

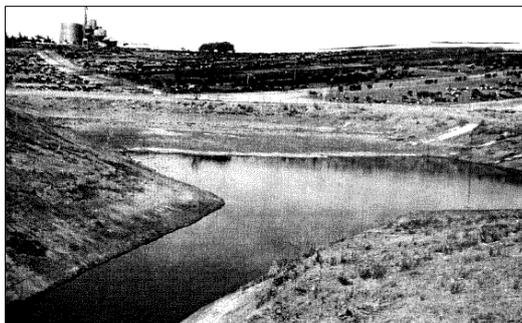
$$V = Q_p (l/w)^\wedge / v = 1,43 \cdot 3^6 / 0,005 = 5148 \text{ m}^3$$

Dada la acumulación de sólidos estas lagunas o piletas tienden al colmatado rápido por lo que deben ser limpiadas con frecuencia. El material que precipita rápidamente es el más pesado conteniendo tierra y nutrientes de mayor densidad. La acumulación por tiempos prolongados genera fermentaciones, olores desagradables y es un medio propicio para el desarrollo de enfermedades y plagas. Sería conveniente que no transcurran más de 3 semanas de acumulados los líquidos en estas lagunas luego de una lluvia y menos de 1 semana si se dispone de sistemas de evaporación antes de ingresar a la laguna de almacenamiento (NSW Agriculture, 1998). El flujo de los líquidos hacia las otras lagunas debería ser controlable no solo por desborde sino por medio de una compuerta regulable para evitar acumular el sobrenadante por tiempos demasiado prolongados en esta laguna impidiendo su secado y limpieza.

En los sistemas modernos de manejo de efluentes se propone la incorporación de una batería de varias lagunas de sedimentación más pequeñas y poco profundas (70 a 50 cm), que operan de decantadores y evaporadores al mismo tiempo, permiten un desacelerado de los efluentes y ofrecen una amplia superficie de evaporación (Sweeten, 2000). La disponibilidad de varias (4 a 6) permite por un lado desviar algunas para proceder a su limpieza. Por otro lado, se logra un período mayor de permanencia de los efluentes y una mayor precipitación de solutos en lagunas de tránsito antes de terminar en las de almacenamiento. Este sistema de batería de lagunas permite que la carga de sólidos de los efluentes que ingresan a las lagunas de almacenamiento sea considerablemente menor y su eficiencia sea mayor. Determinaciones experimentales han demostrado que estos sistemas pueden retener el 70 al 80 % de los sólidos totales colectados con los efluentes de escorrentía superficial del feedlot (Swanson et al., 1977). Loudon et al. (1985) indicaron que la velocidad de tránsito de los líquidos debería ser inferior a los 0,3 m/s para que ocurra la decantación de sólidos en suspensión.

Una alternativa a las lagunas de sedimentación es la construcción de canales de tierra que por tamaño y pendiente funcionen de sedimentadores. En esta opción los canales se construyen más amplios que los comunes colectores de efluentes desde los corrales y con pendiente controlada, inferior al 1 %. El ingreso de los efluentes en estos canales, sin aceleración en canales previos, permite iniciar un proceso de decantación rápido luego de una lluvia. El líquido conducido por estos canales es vertido en una laguna de evaporación o directamente en la de almacenamiento si la primera no se justifica por el tamaño del feedlot. En la boca del vertedero a la laguna es conveniente construir una maya de matriz de hierro, caños verticales o maderas que opere de filtro grueso para reducir la velocidad de los líquidos en ese punto e impida el ingreso de materiales largos y de baja densidad que puedan luego obstruir sistemas de riego u otros.

Estos sistemas requieren de una limpieza frecuente y el control del estancamiento. Se pretende un movimiento lento de los efluentes y la decantación de los solutos pero no un estancamiento y enlagueado. Se debe evitar que los canales se conviertan en lagunas de almacenamiento. Por otra parte, en el diseño de este tipo de canales se debe tener en cuenta los volúmenes a mover por ellos y la capacidad de todo el sistema para evitar los desbordes y el anegamiento de calles o banquinas. Otra condición necesaria es el impermeabilizado de los mismos para evitar la infiltración y la lixiviación de nutrientes con potencial contaminante. En las condiciones óptimas, esta alternativa ha permitido alcanzar sedimentaciones del 75 al 80 % de los solutos (Swanson et al., 1977; Loudon et al., 1985).



(Foto de G. Johnson en NSW Agricultura Feedlot Manual, 1998)

### 3. Sistema de almacenamiento

En la totalidad de la superficie del feedlot las pérdidas por infiltración deberían ser mínimas y las producidas por evaporación dependerán del tiempo de permanencia del agua en la superficie del feedlot y en las lagunas precedentes. Los diseños de mayor seguridad contemplan una relación entre agua de escorrentía/precipitada de 0,7 a 0,8 (NSW Agriculture, 1998). Otros menos exigentes utilizan valores de relaciones de 0,3 a 0,5 (Phillips, 1981). Sin embargo, estos últimos se combinan con el uso frecuente y sistemático en riego.

Desde la laguna de sedimentación el líquido fluye hacia los sistemas de evaporación y finalmente hacia las lagunas de almacenamiento. Estas lagunas se diseñan para contener los líquidos y sus funciones son:

- a) la captura de la escorrentía del feedlot para minimizar la polución del suelo y los recursos hídricos,
- b) el almacenamiento del agua de escurrimiento para su posterior uso en riego,
- c) el tratamiento del agua recogida antes de su aplicación,
- d) la recolección del agua efluente para continuar evaporación.

Las lagunas de almacenamiento deben ser lo suficientemente grandes como para almacenar efluentes por períodos extensos, de un año o mayores (Sweeten, 1988b). Deberían ser capaces de contener el balance agua entre ingresos por escorrentía y salidas por riego y evaporación en un año del percentil 90 % más húmedo. Los rebales deberían ser infrecuentes. El tamaño en volumen variará entre 10 y 20 veces el tamaño del de las de sedimentación, variación particularmente debida a la precipitación anual esperable, las pérdidas por infiltración y por evaporación, y los usos del agua acumulada (Sweeten, 2000).

Toda la superficie de las lagunas deberá estar bien sellada con arcillas u otros materiales, incluso plástico o cemento para evitar la infiltración y contaminación de freáticas (Walker, 1995). Un mínimo de 1 m de profundidad libre hasta el pelo de agua es deseable. Sería conveniente también construir un vertedero para dirigir el sentido del desborde de una tormenta de la magnitud de las que se repiten cada 50 años, de tal forma que la descarga no provoque velocidades erosivas (NSW Agriculture, 1998).

El diseño debe tener en cuenta la pérdida de capacidad por acumulación progresiva de sedimentos. Entre el 20 y el 50 % de los sólidos que ingresan al sistema de sedimentación fluyen hacia la laguna de almacenamiento. Esta pérdida depende de la tasa de acumulación y de la de remoción. Aunque frecuentemente poco visible, el movimiento de sedimentos y suelo desde el área del feedlot con la escorrentía es importante y debe ser minimizado. Determinaciones en Nebraska (EE.UU.) sobre feedlots con infiltración controlada, indican movimientos de 10 a 40 mm de suelo por la superficie total del feedlot cada año (Sweeten et al., 2000). En EE.UU. se recomiendan utilizar valores de 32 a 38 mm de profundidad por el área del feedlot para calcular el volumen de sedimento que deberá capturarse en el sistema de manejo de efluentes y el volumen que ocupará el sedimento, en particular en la laguna o sistema de sedimentación (Glibertson et al, 197T).

Las lagunas de tratamientos de efluentes y de almacenamiento tienden al autosellado del piso en el tiempo si la compactación inicial ha sido suficiente y el suelo no es excesivamente arenoso (Sweeten, 1988b). Estudios conducidos en California (Robinson, 1973) determinaron una reducción de 100 veces en la conductividad hidráulica del suelo de lagunas de sedimentación luego de 6 meses de uso, proceso que se acelera con el mayor contenido o agregado de arcillas (Phillips y Culley, 1985). Estudios conducidos por varios autores (Lehman y Clark, 1975; Lehman et al., 1970, Clark, 1975) han detectado escaso o nulo enriquecimiento de nitratos por debajo de 1 m de profundidad en fondos de lagunas de sedimentación y almacenamiento que habían sido tratados y compactados con arcilla expandible. En un estudio similar, Smith et al. (1994) encontró ausencia de enriquecimiento con nitratos a los 3 m de profundidad en 3 feedlots de la región de Amarillo, Texas, en EE.UU.. Por su parte, Miller (1971) detecto enriquecimiento con nitratos en el área de influencia de 22 feedlots en las planicies altas de Texas cuando la profundidad de la freática se ubicó en el rango de los 30 a 90 cm. Sweeten et al. (1990, 1995) encontraron niveles de nitratos del 0,25 a 9,1 mg/l, en pozos de agua en el área de 26 feedlots en la región de Amarillo, Texas.

Las lagunas deben ser también de fácil acceso para su limpieza ya que habrá que remover periódicamente el material sedimentado. El sedimento es en parte estiércol y suelo, variando en proporciones entre 50 a 70 % en sólidos biodegradables y 30 a 50 % suelo (Sweeten et al., 1981 ). En base seca, el contenido de nutrientes (N, P y

K) es similar al estiércol en el feedlot (sobre base seca) (Sweeten, 1990 a,b, Sweeten y Amosson, 1995). Extraídos los líquidos por bombeo, el material remanente se encontrará depositado en láminas o costras con contenidos humedad variables entre el 25 y el 80 %, dependiendo del tiempo de secado y el clima. En climas muy secos y calidos la evaporación es muy alta y se han registrado los valores más bajos de humedad. Debe tenerse en cuenta que superando contenidos de humedad del 70 % en cualquier residuo orgánico resulta imposible controlar las fermentaciones y la generación de olores (Sweeten 2000).

La extracción del sedimento puede hacerse inmediatamente de retirado el sobrenadante o esperar un desecado mayor y mover menos agua. Ello depende de las condiciones climáticas y del equipamiento para la remoción de sedimentos. En algunos casos el tipo de maquinaria exige de un barro acuoso para poder remover el material (equipos de succión), en otros los equipos (palas o barredores mecánicos) son mas eficientes con material seco (Sweeten y McDonald, 1979; Linderriarin et al, 1985). En estos últimos se deberá deshidratar hasta alcanzar contenidos de humedad del 60 % o menos. Para acelerar la desecación puede ser necesario romper la estructura laminar o encostrado del sedimento.

La frecuencia de limpieza de estas lagunas de almacenamiento se define en términos de años (frecuentemente entre 1 y 3) y depende de la cantidad de sedimento acumulado, la producción de olores emanados de procesos fermentativos en el estiércol asociado al sedimento, la detección de infiltraciones o de necesidades de arreglos estructurales. La eficiencia de captura de sedimentos en las lagunas anteriores se vera reflejada en la tasa de acumulación de los mismos en esta laguna.

El material semisólido colectado puede utilizarse para fertilización de potreros de la misma manera que con el estiércol recogido de los corrales o de las pilas de almacenamiento, o bien puede almacenarse en dichas pilas. En la medida en que las lagunas tengan oportunidad de secarse y el material decantado pueda ser removido, se reduce la generación de olores desagradables y el riesgo de desarrollo de plagas y patógenos. Ello demandaría de un diseño que contemple más de una laguna de almacenamiento para permitir el secado y limpieza de una mientras la otra está en funcionamiento.

Se clasifica a las lagunas en:

- a) Lagunas de retención o acróbicas: Se utilizan para retener en forma temporaria el líquido efluente hasta su aplicación a la tierra a través del riego.
- b) Lagunas anaeróbicas o facultativas. Se utilizan para conservar efluentes por tiempos prolongados y permitir el tratamiento parcial del agua antes de su uso.

Las lagunas de tipo aeróbico tendrán profundidades de 1,5 m o menos (NSW Agriculture, 1998). Son lagunas con mayor capacidad que las anaeróbicas para la degradación de la materia orgánica. Las de tipo anaeróbico son de profundidad superior a los 1,5 m, frecuentemente entre 2,5 y 4 m. Por menor superficie expuesta. la evaporación total es menor, pero el área ocupada es también menor. En estas lagunas continúan procesos de degradación de la materia orgánica pero a un ritmo muy inferior al de las lagunas de sedimentación y evaporación o de almacenamiento en aeróbico, la degradación oxidativa en los primeros centímetros desde la superficie de la masa líquida y en profundidad predominan las fermentaciones.

Oxidaciones y fermentaciones de la materia orgánica son necesarias para reducir el contenido total de materia y destruir agentes patógenos, pero pueden generar otros y promover emisiones gaseosas por volatilización (N y S), degradantes del aire. La incorporación de sistemas de aireación permite degradación aeróbica y reducir la emisión de olores indeseables pero la alternativa más económica es generalmente el uso intermitente de los líquidos y la remoción periódica del sedimento.

Las tendencias actuales en los diseños modernos indican una preferencia por la construcción de mayor número de lagunas de escasa profundidad para maximizar la precipitación de solutos, la degradación aeróbica de la materia orgánica y la evaporación de agua (Sweeten, 2000). El vaciado y limpieza frecuente de las lagunas de almacenamiento reduce las emisiones fermentativas, de olores desagradables.

### **Pasos para el diseño del sistema almacenamiento (NSW Agriculture, 1998)**

a. Estimar el volumen a contener:

- ◆ Determinar el área de captura de efluentes
- ◆ Determinar el valor de la precipitación anual total correspondiente al promedio del 10 % de los años más húmedos de los últimos 20 años.
- ◆ Seleccionar un coeficiente de escorrentía
- ◆ Determinar la evaporación anual estimada para las condiciones climáticas del año antes descrito.

b. Definir el numero de lagunas de almacenamiento a construir: Se recomienda planificar más de una laguna de los tipos seleccionados de acuerdo a la producción de líquidos y la capacidad de evaporación de la región, comunicadas entre si. Estos diseños permiten un mejor control de los volúmenes y facilitan la limpieza.

Tamaño de las lagunas: Los tamaños son variables. Los citados a continuación se sugieren por facilidad de construcción y manejo:

Lagunas aeróbicas:

- ◆ Ancho: 50 a 60 m Largo: 60 a 80 m Profundidad al pelo de agua: hasta 1,5 m.

Lagunas anaeróbicas:

- ◆ Ancho: 40 a 60 m
- ◆ Largo: 50 a 70 m
- ◆ Profundidad al pelo de agua: 1,5 a 4 m

c. Determinar el período de almacenaje:

El diseño de las lagunas depende del sistema adoptado. Si se opta por la construcción de una batería de lagunas aeróbicas, la capacidad total de contención deberá definirse de acuerdo a los volúmenes netos a retener, descontada la evaporación anual de los ingresos estimados anualmente, menos el uso anual. La incorporación de lagunas en serie puede ser progresiva, en la medida en que se acumula efluente. Por otro lado, si se opta por lagunas anaeróbicas como sitio de almacenamiento final, las lagunas aeróbicas se planearan para contener en máximo escurrimiento durante 6 meses, para drenar el exceso hacia las lagunas anaeróbicas. Con el transcurso del tiempo, el líquido acumulado pierde calidad como fertilizante y se incrementa el desarrollo de agentes indeseables. El uso, luego de 6 meses de acumulación sería recomendable.

Un ejemplo:

Al efecto de integrar la información presentada precedentemente se desarrolla el siguiente ejemplo. El factor de mayor incidencia en el volumen de efluente generado es la precipitación anual. En segundo lugar inciden la superficie de la cual se colecta el efluente y la capacidad de evaporación neta (evaporación-precipitación) anual del medio. Sobre la base de un planteo de capacidad para 1200 animales y 2 ha de superficie de feedlot se estimó el volumen de efluente generado y se propuso un diseño de contención a través de lagunas aeróbicas y anaeróbicas. Se realizó el ejercicio para tres niveles de evaporación neta de 300, 500 y 900 mm anuales, que se corresponderían a tres ambientes diferentes, respectivamente (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Efecto de la capacidad de evaporación neta del ambiente sobre la magnitud del efluente retenido y el tamaño de los sistemas de evaporación, tratamiento y almacenamiento de efluentes en un feedlot con capacidad para 1200 animales y una superficie de captura de efluentes de 2 hectáreas.

	Región		
	húmeda	sub-húmeda	seca
Precipitación, mm	1000	800	600
Evaporación anual, mm	1300	1300	1500
Evaporación neta, mm	300	500	900
Superficie del feedlot, m <sup>2</sup>	20000	20000	20000
Coefficiente escorrentía	0.7	0.7	0.7
Efluente generado, m <sup>3</sup>	14000	11200	8400
Almacenamiento aeróbico			
Numero de lagunas	2	2	2
Ancho, m	50	50	40
Largo, m	70	60	60
Superficie, m <sup>2</sup>	3500	3000	2400
Profundidad, m	1	1	1
Captación de efluente, m <sup>3</sup> /laguna	3500	3000	2400
Capacidad del sistema, m <sup>3</sup>	7000	6000	4800
Capacidad anual, m <sup>3</sup>	14000	12000	9600
Permanencia, meses	6	6	6
Evaporación/laguna, m <sup>3</sup>	525	750	1080
Evaporación, m <sup>3</sup>	2100	3000	4320
Efluente que egresa, m <sup>3</sup>	11900	8200	4080
Almacenamiento anaeróbico			
Número de lagunas	2	2	1
Ancho, m	40	40	40
Largo, m	50	50	40
Superficie, m <sup>2</sup>	2000	2000	1600
Profundidad, m	3	2	2
Captación de efluentes, m <sup>3</sup> /laguna	6000	4000	3200
Captación del sistema, m <sup>3</sup>	12000	8000	3200

Evaporación/laguna, m <sup>3</sup>	600	1000	1440
Evaporación, m <sup>3</sup>	1200	2000	2880
Efluente retenido, m <sup>3</sup>	10700	6200	2640
m <sup>3</sup> /laguna	5350	3200	2640
Evaporado/producido, %	23.6	44.6	68.6
Efluente retenido/producido, %	76.4	55.4	31.4
Efluente retenido por animal, m <sup>3</sup>	8.9	5.2	2.2

Se describen los elementos tenidos en cuenta para el caso del ambiente más húmedo citado en el Cuadro anterior:

#### 1. Datos de escala y clima

- ◆ Superficie de feedlot (incluye capacidad para 1200 animales en corrales, corrales de tratamientos y enfermería e instalaciones de preparación de alimentos, calles de distribución y canales recolectores de efluentes) = 2 ha.
- ◆ Precipitación anual en año del percentil 90 más húmedo = 1000 mm.
- ◆ Evaporación anual estimada para el año citado = 1300 mm.
- ◆ Volumen anual de escurrimiento esperable a la salida de la pileta de sedimentación = 20000 m<sup>2</sup> x 1 m precipitación x 0,7 CE = 14000 m<sup>3</sup>.
- ◆ CE = Coeficiente de escorrentía o de eficiencia de captura del escurrimiento superficial. El rango frecuente varía entre 0,5 y 0,8; dependiente de condiciones del suelo para la infiltración rápida, pendientes del terreno, temperatura del ambiente e intensidad de lluvias.

#### 2. Cálculo del sistema aeróbico

- ◆ Se propone la construcción de 2 lagunas aeróbicas de 1 m de profundidad de efluente con una capacidad de retención de efluentes por el periodo de 6 meses:
  - Capacidad del sistema aeróbico = 7000 m<sup>3</sup>
  - Superficie de lagunas aeróbicas = 7000 m<sup>3</sup>/ 1 m profundidad = 7000 m<sup>2</sup>
  - Superficie por laguna = 7000 m<sup>2</sup> / 2 = 3500 m<sup>2</sup> (50 m x 70 m).
- ◆ Volumen egresado anualmente de las lagunas aeróbicas = 14000 m<sup>3</sup> - (1300 mm egreso por evaporación - 1000 mm ingreso por precipitaciones)/ 1000 mm/m x 7000 m<sup>2</sup> = 2100 m<sup>3</sup>.

#### 3. Cálculo del sistema anaeróbico

- ◆ Volumen de efluentes ingresando = 14000 m<sup>3</sup> - 2100 m<sup>3</sup> = 11900 m<sup>3</sup>.
- ◆ Se propone la construcción de 2 lagunas por lo que cada una de ellas deberá contener = 5950 m<sup>3</sup> (aproximadamente = 6000 m<sup>3</sup>).
- ◆ Las lagunas serán de 3 m de profundidad de efluente por lo que la superficie mínima de cada una de ellas sería = 6000 m<sup>3</sup>/3 = 2000 m<sup>2</sup> (40 m x 50 m).
- ◆ Descontada la evaporación que tendrá lugar durante el año, estas lagunas podrían ser diseñadas para contener 5350 m<sup>3</sup> o de una superficie de 1785 m<sup>2</sup> (40 x 45 m), pero debe tenerse en cuenta la pérdida de volumen por precipitación de solutos y la imposibilidad de remover todo el material durante el bombeo o limpieza. El mismo comentario es válido para las lagunas aeróbicas.

Finalmente, la cantidad de líquido recolectado en el sistema de almacenamiento luego de un año como el citado será de 10700 m<sup>3</sup> (14000 m<sup>3</sup> ingresados menos 3300 m<sup>3</sup> evaporados), volumen que deberá ser consumido anualmente en riego u otros usos. De acumularlo, deberá ampliarse la capacidad de almacenamiento del sistema.

Puede observarse en el Cuadro 5 el efecto directo de la precipitación sobre la generación de efluentes y el efecto opuesto del potencial de evaporación neta. En climas húmedos el efecto evaporante del ambiente es poco relevante y el sistema de efluentes no puede confiar en este proceso para reducir volúmenes significativamente. Por otro lado, la producción de efluente es mucho menor en un clima seco y el sistema de evaporación es altamente eficiente en reducir volumen de líquido emergente debido a una mayor evaporación potencial. En regiones húmedas las lagunas anaeróbicas de almacenamiento por tiempos prolongados serían inevitables, al igual que un programa de uso sistemático de efluentes líquidos. En climas secos por el contrario, un sistema que contemple lagunas de sedimentación y aeróbicas serían suficientes.

#### 4. Sistema de evaporación adicional (opcional)

El proceso de evaporación de agua es necesario para reducir los volúmenes a almacenar y manejar posteriormente. La evaporación se inicia en los corrales y continua hasta luego de aplicado el efluente en el riego por aspersión. En los canales y lagunas de sedimentación constituyen una buena superficie de evaporación. En las lagunas de almacenamiento ocurre una evaporación importante. Sin embargo, en climas húmedos y feedlots grandes puede ser necesario incorporar un sistema de evaporación adicional. Este tendrá como principio una amplia super-

ficie de exposición de los líquidos a la energía solar (Sweeten, 2000). El proceso de decantación de solutos continúa en esta laguna por lo que se deberá planificar la alternativa de secado y limpieza periódica.

Esos sistemas evaporación se incorporan en la salida del sistema de sedimentación, previo al ingreso a las lagunas de almacenamiento. Clásicamente, se trata de una laguna muy poco profunda (0,50 m o menos de profundidad de efluente) que permita exponer a la evaporación la cantidad de efluentes generados en el feedlot durante 6 meses a 1 año. Su eficiencia depende del clima, de la disponibilidad de suelo apropiado para la construcción de un sistema impermeable y de la información hidrológica para asegurarse que es posible evaporar eficientemente. Un vertedero con compuerta, o tubos de descarga regulable deberán comunicar este sistema con el de almacenamiento de líquidos.

Se recomienda una altura libre de 0,5 m y también como en los otros casos se debería incorporar un vertedero de rebalse hacia la laguna de almacenamiento para que en caso de sobrecarga el desborde ocurra en un sentido previsto y a velocidades no erosivas (NSW Agriculture, 2000).

## B. Manejo del estiércol

Dependiendo de la digestibilidad de la dieta, un feedlot de 5000 cabezas puede producir entre 6000 y 9000 toneladas de estiércol anualmente. Un novillo de 450 kg produce un promedio de 38 litros o 27 kg de excrementos húmedos (orina y heces) por día, con una variación del 25 % dependiendo del clima, el consumo de agua y el tipo de dieta. La reducción de la producción total de heces es el primer factor reductor de polución. Las dietas de baja fibra se caracterizan por digestibilidades mayores y menores emisiones.

### 1. Estimación de la producción

La estimación de la producción de heces está sujeta a las variaciones debidas al balance de nutrientes en función de los requerimientos del animal, de la digestibilidad y del consumo de alimento y agua, pero el factor de mayor incidencia es el peso vivo (PV, kg). Pero, a los términos del diseño del sistema se sugiere basar los cálculos en la ecuación que se detalla a continuación (NSW Agriculture, 1998).

1.- Estimación de la producción anual de estiércol (PAE, kg MS) =

$$PAE = PV.(PDH.MSH + PDO.MSO).MSE^{-1}.ERE.EUF.AN.D$$

Se requiere para ello información sobre:

El peso vivo (PV) medio de los animales en engorde,

la estimación de la producción promedio diaria de estiércol por animal en heces (PDH; kg/día)

la producción diaria de orina por animal (PDO, kg/día),

el contenido de materia seca de las heces (MSH, %)

2.- el contenido de MS de la orina (MSO, %),

el contenido de materia seca en el estiércol al momento de la recolección (MSE, %)

la eficiencia de recolección del estiércol (ERE, %),

la utilización anual de esa capacidad potencial (EUF, %),

la capacidad del feedlot (AN, animales), y

la duración media de los engordes (D, días).

Ejemplo:

Si se asumen las relaciones presentadas abajo como valores medios aceptables, puede concluirse que un feedlot con capacidad para 1000 animales por año, un uso del 80 % de esa capacidad, un período de engorde medio de 320 días y un peso vivo medio de 350 kg, produce 852,5 toneladas de MS de estiércol/año.

Producción diaria de heces frescas = 3,4 a 3,8 % del peso vivo

Producción diaria de orina = 1,2 a 1,8 % del peso vivo

Contenido de materia seca en heces 20 a 30%

Contenido de materia seca en orina 3 a 4 %

Eficiencia de recolección = 70%

Contenido de materia seca en estiércol = 70%

En los feedlots comunes, a cielo abierto y piso de tierra compactada, se remueven las excretas sólidas una o dos veces al año. Desde producido hasta su recolección, se produce una evaporación significativa del material fecal, alcanzándose valores de 70 a 80 % de materia seca en la mayoría de los feedlots de climas sub-húmedos y secos. Se remueve aproximadamente 1 tonelada por animal y por año -estimación grosera y muy afectada por el tipo de animal, la dieta, el clima y la frecuencia de limpieza-. Con el desecado y el pisoteo de los animales, el material pierde volumen, se concentra y densifica incrementándose su peso específico (Amosson et al, 1999; ASAE, 1988). Cuanto mayor es el período de permanencia de los excrementos en los corrales, mayores son las pérdidas de elementos móviles como el nitrógeno y el potasio y menor es el valor fertilizante de este material (Elliott et al., 1972).

Paralelamente, con la mayor permanencia promedio de las excretas en el corral se incrementan las emisiones de potenciales contaminantes del aire, del suelo y el agua. Aproximadamente la mitad del nitrógeno y 2/3 del potasio contenido en los excrementos se encuentra en la fracción líquida. El fósforo excretado se encuentra casi en su totalidad en la excreta sólida. En ese contexto, la pérdida de los líquidos reduce el valor del excremento y expone el sitio a la contaminación.

En la medida en que la carga animal de los corrales se incrementa, aumenta la producción de heces por corral, y la necesidad de limpiezas más frecuentes, por lo que aumenta la cantidad de material removido por animal, aunque es de menor peso específico (Amosson et al., 1999; Lott, 1994 a).

## 2. Acumulación

La mayor acumulación de estiércol ocurre en los sectores adyacentes a los comederos. En esas áreas, también el contenido de humedad es mayor. El ritmo de producción es mayor al de secado. En años lluviosos, y especialmente en instalaciones con problemas de escurrimiento o drenajes, las limpiezas periódicas en el área anexa a los comederos reducen problemas de anegamiento, suciedad y expresión de afecciones de las patas y enfermedades (NSW Agriculture, 1998).

El otro sector de alta concentración de heces es el contiguo a los bebederos. Se le suma aportes de agua por orina. Es un sector donde los animales frecuentemente orinan. También se aportan agua los rebalses por desperfectos o salpicado desde los mismos bebederos que los animales producen. Las limpiezas frecuentes reducen las acumulaciones de material fecal húmedo y problemas posteriores.

Debajo de los alambrados o cerco del corral ocurren también acumulaciones importantes de material fecal. Esa acumulación opera de embalse de aguas obstruyendo el movimiento de la escorrentía en el momento de lluvias y se produce el enlagnado de los corrales. Ese encharcado reduce el área de corrales, favorece el ablandamiento del piso, la infiltración y la erosión del suelo. Si persiste por mucho tiempo se ofrece un medio propicio para el desarrollo de bacterias, hongos e insectos (moscas, mosquitos, etc.), la producción de olores de fermentación y putrefacción y el desarrollo de enfermedades de las patas.

El área de contacto entre el borde del guardapolvos o vereda de cemento o suelo-cementado y el piso de tierra del corral suele ser otro espacio de erosión y acumulación de heces y agua. Es conveniente vigilar este sector permanentemente. En caso de un deterioro visible es necesario aportarle material de tierra y piedra o tosca y compactarlo bien, de lo contrario los animales lo remueven rápidamente.

Finalmente, en el sector de sombras, especialmente en las sombras dispuestas de este a oeste, se generan áreas de sombra permanente. En esos sectores se concentran los animales y la producción de heces es mayor que en otros. Puede ocurrir una acumulación importante de estiércol que será necesario remover o dispersar con mayor frecuencia que en el resto del corral.

## 3. Alomado en el corral

Algunos feedlots, especialmente en lugares sin pendientes, utilizan como alternativa para incorporar pendientes y compactar el estiércol el amontonado del mismo en un sector del corral. El estiércol se amontona, compacta y aloma dándole formas redondeadas de fácil acceso para los animales. En esa loma continúa la descomposición del material y el secado por evaporación. La acción microbiana aeróbica y la evaporación del agua reducen al 50 % la cantidad de material en el tiempo. En su parte exterior, la loma permanece seca y los animales se suben a ella para echarse o alcanzar un lugar drenado y más seco durante una lluvia. Esas lomas sirven para reducir el espesor del manto de excretas en el corral y la remoción de material acumulado en lugares críticos del mismo (cercos, comederos, bebederos y sombra), favorecer el drenaje y promover el secado rápido del piso. Por la preferencia por lugares altos que los animales demuestran, también sirve de dispersor de los animales en el corral.

El empleo de estas lomas reduce la necesidad de limpieza de los corrales. Al menos, es factible espaciar las limpiezas a períodos de dos o tres años, o cuando se hace necesario reducir el tamaño de la loma en el corral. Permite también reducir los costos de remoción, particularmente si se contrata el servicio.

Para que la loma de material fecal cumpla su función deber ser confeccionada con prolijidad, en dimensiones adecuadas (ver lomas en capítulo de estructura) para no ocupar una superficie importante del corral o ubicarse en sectores donde se impida el drenaje rápido del corral. Debe ser bien compactada y mantenerse seca. Si no se logra estabilizar, los animales la dispersarán rápidamente y los efectos serán contraproducentes por la distribución de material suelto que se producirá en todo el corral, exponiendo al encharcamiento, a la retención de agua luego de una lluvia y al movimiento masal de la excreta y la formación de un barro fétido.

En el caso de remover lomas por su altura o tamaño, debería compactarse el área removida nuevamente y evitar que sea un sector donde los animales puedan trabajar con sus patas o cabezas aflojando el resto. Iniciada la remoción de una loma se debería remover su totalidad. Si se optara por utilizar la misma para re-nivelar el piso o darle pendiente, debería mezclarse con suelo adicional de buena capacidad de compactación y compactarse energicamente.

Aunque el uso de las lomas en corrales ha sido frecuente en los feedlots del hemisferio norte, no se recomienda diseñar corrales pensando en loma de estiércol como estrategia de manejo de las excretas y del drenaje. Son preferibles a corrales anegados o encharcados y con material fecal distribuido por todo el corral sin secar ni compactar. Pero deberían ser sólo una solución para diseños pobres, evitables en lo posible. La retención del estiércol en los corrales por varios ciclos de engorde (años) reduce el valor fertilizante de ese material (u otros posibles usos), mantiene una alta carga de excretas en los corrales con lo que se incrementan las emisiones contaminantes de aire, agua y suelo, en especial si coinciden lluvias extraordinarias y períodos fríos, de baja evaporación, y se incrementa el riesgo de deterioro de patas y enfermedades infecciosas. Entre las formas de contaminación, el olor indeseable es la manifestación de más corto plazo. La producción de ácidos grasos volátiles, aldehídos, alcoholes, sulfuros de hidrógeno y amonio, en procesos fermentativos ocurridos en el material fecal, se incrementa con la cantidad si la pérdida de humedad no es rápida.

Retirado el estiércol del corral, su destino es la aplicación directa como fertilizante en un cultivo, el apilado y producción de compost para su uso posterior como abono o en generación de subproductos.

#### **4. Limpieza de los corrales**

La remoción frecuente del estiércol y su aplicación directa en la tierra maximiza el valor fertilizante, reduce los riesgos de polución de aguas y aire y reduce el costo de los dobles manipuleos. Cargadores con pala frontal se utilizan comúnmente para limpiar los corrales. En feedlots grandes suelen utilizarse autocargadores con cepillos raspadores frontales.

Normalmente se limpian los corrales cuando están vacíos entre salidas y entradas de lotes de animales. Se deberían limpiar dentro de los 5 días luego de salido el lote de animales para evitar el encostrado con la humedad diaria y lluvias eventuales. Si la cantidad de material acumulado excede los 15 o 20 cm de altura y ocurren lluvias, puede comenzar un flujo masal de la excreta (movimientos similares a los de la lava volcánica) que ensucia todo a su paso, congestiona drenes y compromete el acceso a las calles y corrales. Este es otro motivo para mantener limpios los corrales.

La naturaleza de la excreta acumulada condiciona el procedimiento de limpieza. La acción de los animales resquebraja permanentemente las costras superficiales y promueve el desecado del suelo. Sin embargo, si la capa de material orgánico acumulado se encuentra altamente compactada y seca, será conveniente, antes de proceder con las palas de remoción, resquebrajar el manto superficial con equipos cortadores (rolos con cuchillas) y luego proceder al amontonado y carga del material. En algunos casos la carga directa con pala frontal es posible, pero el manto deberá superar los 10 cm de espesor (Lott, 1994 a). De lo contrario se corre el riesgo de romper la interfase endurecida de suelo estiércol.

Esa capa de suelo-estiércol, de 2,5 a 5 cm de espesor y selladora de la superficie (Sweeten, 2000), opera de barrera a la infiltración y protege de la contaminación y de la erosión y debe ser preservada. La falta de compactación e impermeabilización de los suelos o la ruptura de la mencionada capa, es el principal motivo de infiltración y contaminación de freáticas (Mielke et al, 1976; Barrington y Jutras, 1983; Elliott et al, 1972). Estudios conducidos en California (Algeo et al., 1972) determinaron niveles de nitratos de 60 a 180 ppm a 50 cm de profundidad, apenas superiores a los niveles de los suelos adyacentes al feedlot. En Nebraska, Schuman y McCalla (1975) determinaron niveles de 7,5 ppm en los primeros 10 cm de suelo y menos de 1 ppm a los 20 cm. En el mismo estudio, los niveles de amoníaco fueron de 35 ppm en los primeros 5 cm de profundidad y de 2 ppm a los 10 cm. Dantzman et al. (1983) reportaron similares efectos sobre el contenido de sales en suelos arenosos de Florida. En los primeros 25 a 30 cm el contenido de materia orgánica alcanzó 15 % y el de sales totales a 4000 ppm en 10 a 15 años de feedlot permanente. Sin embargo, a los 50 cm de profundidad el contenido de materia orgánica no había cambiado y el contenido de sales era de 500 ppm.

Ante el riesgo de romperla, es preferible dejar material y realizar una compactación mecánica para homogeneizar. En el caso de quebrarla o levantarla es necesario revisar los niveles topográficos y compactar el suelo nuevamente, incluso con el agregado de suelo de alta capacidad de compactación.

En los casos en que por el alto contenido de humedad, la limpieza no resultare muy efectiva o fuese irrealizable será necesario reducir la carga animal de los corrales para reducir la presión sobre el suelo húmedo. Si esta situación es recurrente, deberá tenérsela en cuenta en el diseño de las instalaciones para contar con corrales vacíos, fusibles en momentos de mucha precipitación y riesgo de encharcamiento.

#### **5. Apilado fuera de los corrales**

El apilado de estiércol fuera de los corrales, recolectado en pilas en forma de trinchera es la estrategia más común. Se selecciona un sitio de baja permeabilidad y buen drenaje, incluido en el área cubierta por el sistema de drenajes del feedlot para que los efluentes líquidos que se generen en el mismo escurran hacia el sistema de conducción de efluentes líquidos y hacia las lagunas de sedimentación, evaporación y almacenamiento. El estiércol se acumula en trinchera, apilándolo en capas para permitir mayor evaporación y acción microbiana aeróbica con el

objetivo de lograr reducir su volumen y contenido de agua, especialmente si se está removiendo húmedo de los corrales (Pawell, 1994).

El tamaño y la forma de las pilas de estiércol es variable y no existen demasiadas pautas para ello. Se realizan apilados en forma de hileras de 5 a 6 m de ancho por 2 a 3 m de altura en su cresta y por el largo que el sitio permita. Entre las hileras deberá dejarse una distancia de al menos 4 a 6 m para poder circular con palas o tractores. Es necesario mantener la aerobiosis en las pilas de estiércol y el menor nivel de humedad posible. El apilado de cantidades grandes y con alta humedad (por encima del 50 %) favorece la putrefacción y puede generar combustión espontánea. Ante dudas con respecto a la distribución en láminas y su compactado para eliminar aire es conveniente mantener trincheras más bajas (menos de 2 m de alto; Sweeten, 2000). Se debería realizar determinaciones de temperatura entre los 50 cm a 1 m de profundidad para prevenir riesgos de combustión.

El lugar de ubicación de las trincheras debe ser un sitio alto, no anegable y con pendiente definida hacia un canal recolector del drenaje conectado al sistema colector de efluentes. Es conveniente que la profundidad a la freática supere el 1,5 m. Con respecto al tipo de suelo y el proceso de compactación se hacen las mismas observaciones que a los corrales de alimentación. Debe también preverse una ubicación estratégica con respecto al diseño actual del feedlot o de su expansión para no bloquear o complicar el movimiento de camiones o animales, o el fácil acceso para depositar como para extraer el estiércol.

### 5.1. Monitoreo de calidad y contaminación

Es conveniente monitorear la calidad del estiércol periódicamente (anualmente) para verificar cambios (pérdidas) de nutrientes, minerales, humedad y materia orgánica. El estiércol tiende a perder materia orgánica, elementos solubles o volátiles (P, K, S y Na, principalmente) y humedad en el tiempo (NSW Agriculture, 1998; Lott, 1994 a). Aunque las pérdidas por volatilización pueden ser significativas en algunos casos, las de lixiviación y escurrimiento constituyen las más relevantes por el riesgo de contaminación localizada de aguas.

Se debería iniciar el proyecto con una caracterización del sitio donde se acopia el estiércol: a) ubicación topográfica, b) textura del suelo hasta 1 m de profundidad, y e) profundidad mínima de la napa freática (NSW Agriculture, 1998). Las determinaciones periódicas deberían incluir: a) análisis de contenido de N, P, K, sales totales y coliformes del estiércol; y b) análisis anuales del contenido de N y P en el perfil de suelo (5, 50 cm y 1 m de profundidad).

## 6. Compostaje

En las trincheras o pilas de acumulación del estiércol fuera de los corrales puede promoverse la producción de compost. En ese caso, será necesario mantener las condiciones de aireación y humedad adecuadas. El compost producido puede ser utilizado como fertilizante orgánico por la propia empresa o vendido a terceros (Jones et al., 1995; Sweeten, 1985, 1988 a).

La mayor ventaja del compostaje en medio aeróbico es la producción de un producto estable que puede ser conservado y transportado sin tener que soportar olores desagradables ni mover un material difícil de manejar y atrayente a las moscas (NSW Agriculture, 1998). Las condiciones deseables son: a) un nivel de humedad inferior al 35 a 40 %, y b) un tamaño uniforme de partícula, de textura friable, reducido en volumen y peso.

El compostaje aerobio destruye además la mayoría de los patógenos y las semillas de malezas. Es esencial sembrar el material orgánico con microorganismos para compost (lombrices) de origen comercial o con compost en formación que los contiene. Se formarán cordones de 1 a 1,80 m de alto. La pila debe poder ser mezclada e invertida al menos cada 3 semanas. Esa inversión promueve la aireación y recuperación de condiciones aeróbicas. En presencia de oxígeno aumenta la temperatura y la deshidratación y reduce la emisión de olores (Sweeten et al., 1988 a).

Para lograr una esterilización efectiva de patógenos es necesario lograr que la temperatura se eleve a por lo menos 55°C durante 3 días consecutivos o a 53°C por 5 días. Temperaturas de 60 a 70 °C serían ideales para eliminar la mayoría de la flora potencialmente patógena y las semillas de malezas (Wiese et al., 1998). La temperatura debe ser monitoreada a aproximadamente 60 cm de profundidad en la pila para asegurarse que el efecto térmico sobre la flora patogénica es el deseable.

La relación C:N que ofrece el estiércol (10 a 15:1) es baja para el ideal en compostaje (30:1) (Sweeten, 1988), por lo que sería conveniente incorporar fuentes de carbono como rastrojos de cosecha u otros residuos con mucha fibra. La masa de compost debe alcanzar niveles de pH, humedad, contenido de metales pesados, contenido de sal, fósforo, potasio y otros agentes con potencial contaminante acordes con las reglamentaciones para el comercio de compost. Esta reglamentación será propia de cada región o país.

La mayor desventaja del compost es el costo de la maquinaria y la mano de obra necesaria. También durante el proceso se pierde por volatilización una importante cantidad de nitrógeno cuando se parte de estiércol de feedlot porque la relación carbono: nitrógeno es generalmente baja en ese material. Por un lado se estabiliza el contenido de nitrógeno del fertilizante orgánico, pero por otro se pierde valor fertilizante del estiércol.

## 7. El vermicompuesto

Una alternativa adicional en la utilización del estiércol es la producción de vermicompuesto. Se alimenta lombrices de alta capacidad de consumo de materia orgánica con el material, las que lo consumen produciendo biomasa en vermes y un remanente semi humificado y homogéneo. El vermicompuesto es un buen acondicionador de suelo y fertilizante (los detalles sobre la tecnología para generar lombricompuestos ha sido ampliamente difundida en bibliografía pertinente por lo que no se la desarrolla en detalle en esta guía). La biomasa de lombrices puede ser utilizada incluso como suplemento animal. Contiene una composición en aminoácidos similar a la de la carne, excediéndola en contenido proteico (61 % vs. 51).

### C. FERTILIZACIÓN CON LÍQUIDOS Y ESTIÉRCOL

#### 1 . Riego con efluentes líquidos

El objeto de establecer áreas a regar con los efluentes consiste en minimizar los riesgos de contaminación con los líquidos emanados del feedlot a través de la generación de un uso económico del agua, nutrientes y materia orgánica almacenados en la laguna de almacenamiento. Los cultivos o pasturas producidos bajo riego serán seleccionados por su alta capacidad de retención de nutrientes en biomasa aérea y la facilidad de cosecha mecánica del forraje (Clark et al., 1975 a; Sweeten, 2000). Si la cosecha fuera por medio del pastoreo directo, el retorno de nutrientes al lote es muy alto y se reducen la capacidad del sitio para aceptar riegos frecuentes con líquidos efluentes de alta carga de nutrientes en solución (particularmente fuentes nitrogenadas y azufradas de alta movilidad). La capacidad del suelo de asimilar nutrientes es crucial. Los suelos arenosos tienen una muy baja capacidad de retención de nutrientes, los más francos o arcillosos tienen mayor capacidad.

En el diseño de la superficie a regar debe tenerse en cuenta la cantidad de agua a dispersar, cálculo que debería hacerse teniendo en cuenta el volumen a coleccionar en un año correspondiente al 90 % más húmedo conocido en los últimos 50 años del sitio. Dado que el aporte por lluvias es también importante en esas condiciones y el riego debe planificarse en base al déficit hídrico, la cantidad de agua de lluvia deberá ser sumada a los aportes y, en función de la demanda anual de los cultivos, se calculará la superficie mínima a disponer para no generar excedentes que resulten en la acumulación de residuales en la laguna de almacenamiento.

La tasa de carga anual de nitrógeno, fósforo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sales y carga hidráulica del efluente a regar deben ser calculados. En algunos casos será necesario inyectar agua común al riego para diluir la carga de sales y nutrientes, y ajustarla a la asimilación de los cultivos (Clark et al., 1975 a,b; Clark, 1975b).

La uniformidad de distribución del agua es esencial para no generar áreas de sobrecarga, por otro lado el clima y el tipo de cultivo definen la cantidad a incorporar y la eficiencia de uso del agua y de los nutrientes. En ambientes con alta capacidad de evaporación, climas cálidos, los efluentes a regar pueden ser menores en volumen pero más concentrados. En los casos de climas templados, por otro lado, la evaporación puede ser escasa y consecuentemente la evapo-transpiración de grandes cantidades de agua sería el principal objetivo. Así, se seleccionarán distintos cultivos, algunos con alta producción de materia seca y alta eficiencia de conversión de agua en biomasa aérea para retener nutrientes (ej. maíz o sorgos), escenario de climas cálidos, o se seleccionarán cultivos de baja eficiencia de producción de biomasa por unidad de agua utilizada (ej. las leguminosas) (Wallingford et al., 1994; Butchmaker, 1973). En estos suelos irrigados con fertilizantes líquidos, la movilidad de los nutrientes es potencialmente alta por lo que se recomienda disturbar el suelo en la menor medida posible. Las labranzas aceleran la mineralización de la materia orgánica y aumentan la movilidad de los nutrientes (Harman et al., 1994).

Es conveniente disponer de un relevamiento topográfico del área y del perfil del suelo a regar. Entre las condiciones deseables del suelo a regar se incluirían:

- ◆ capacidad de carga hidráulica del suelo,
- ◆ permeabilidad en la superficie,
- ◆ baja salinidad a través del perfil,
- ◆ bajo nivel de sodio
- ◆ bajo contenido de nitratos,
- ◆ alta capacidad de adsorción de fósforo,
- ◆ freática profunda (más de 1 m),
- ◆ ausencia de estratos endurecidos limitantes de la profundidad antes del metro de perfil

Se sugiere que el área:

- ◆ no tenga antecedentes de inundación
- ◆ no exista en la proximidad recursos hídricos superficiales o drenajes no dimensionados para recibir excedentes del área a regar
- ◆ sea homogénea,
- ◆ las pendientes sean suaves o inexistentes.

Será también necesario realizar muestreos periódicos de nutrientes y física de suelos para detectar:

- ◆ Acumulación de algunos nutrientes,
- ◆ desbalances de elementos nutrientes,
- ◆ incrementos de salinidad y de sodio,
- ◆ necesidad de yeso para reducir el efecto de alto contenido de sodio (natricidad), y
- ◆ necesidad de lavado para reducir salinidad.

## 1. 1. Calidad de los efluentes

Las características de la dieta, la frecuencia e intensidad de las lluvias, el tamaño y diseño de los corrales y la frecuencia de limpieza de las excretas condicionan la cantidad y composición del efluente. El Cuadro 4.1 muestra resultados medios de análisis de efluentes generados durante una lluvia sobre áreas de feedlot

Cuadro 4. 1. Contenido de nutrientes en efluentes de feedlot contenidos en lagunas de almacenamiento

	Australia (1)	Texas	
		Planicies altas(2)	Sur(3)
mg/litro			
Sólidos totales	--	2470	--
DQO	2100	1100	--
DBO	500	--	--
Nitrógeno	148	180	145
Fósforo	40	45	43
Potasio	460	1145	445
Sodio	260	230	256
Calcio	100	180	99
Magnesio	72	20	72
Cloro	620	1000	623
SAR	4,6	4,2	4,6
CE (dS/m)	4,5	4,5	4,5
pH	8	--	--

- (1) NSW Agriculture (1998); (2) Clark et al. (1975b); (3) Sweeten et al. (1981)  
 CE = Conductividad eléctrica (medida de salinidad), dS/m = deciSiemens/m,  
 DQO = Demanda química de oxígeno  
 DBO = Demanda biológica de oxígeno,  
 SAR = Relación de absorción de sodio.

Los niveles de nitrógeno varían en el rango de 20 a 400 mg/litro, mayoritariamente en la forma de amonio. La salinidad (medida en CE) varía en 2 a 15 dS/m y las concentraciones de sodio (en SAR) de 2,5 a 16. Los niveles de fósforo se ubican en el rango de 10 a 150 mg/litro y los sólidos totales entre los 2000 y 15000 mg/litro (NSW Agriculture, 1998; Marek et al., 1994).

La carga de nutrientes de los efluentes es comúnmente inferior a la demanda de los cultivos utilizables en un área de riego, al menos en términos anuales. Sin embargo, no puede ajustarse el riego a la demanda de nutrientes, sino a la de agua (Powers et al., 1973). Si se utilizara el primer criterio, se podría exceder la carga hídrica tolerable y se promovería la lixiviación y la escorrentía. Adicionalmente, se expondría a incrementos de la salinidad a niveles intolerables por las plantas. El grado de salinidad del efluente tipo de feedlot es demasiado alto para el riego directo. Determinaciones realizadas en EE.UU. indican que efluentes almacenados en lagunas de almacenamiento pueden alcanzar conductividades eléctricas de hasta 15 dS/m. El mayor contribuyente a ese nivel de salinidad es el cloruro de potasio, seguido del cloruro de sodio y el de amonio. El agua comúnmente utilizada para riego tiene entre 0,6 y 1,4 dS/m y es muy segura desde el punto de vista del riesgo de salinización cuando su CE es inferior a los 0,8 dS/m, pero por sobre los 2,5 dS/m es tolerada por pocos cultivos y pasturas. La salinidad reduce la producción de forraje, la eficiencia de captura de los nutrientes y degrada la calidad del suelo en el largo plazo. Muy probablemente en todos los casos se deberá diluir con agua de bajo contenido de sales totales si se plantea cubrir déficit hídricos con agua proveniente de efluentes de feedlot (Marek et al., 1994, 1995; Sweeten, 1976).

Teniendo en cuenta los factores ambientales y los de calidad del efluente antes citados, el rango de aplicaciones es muy amplio. Varía entre 100 y 1000 mm anuales. El riesgo de acumulación de sodio se acentúa en los valores mayores, con efectos degradantes del suelo. Con ese tipo de lámina anual es conveniente prever lavados del suelo y un sistema de drenajes del lote bajo riego como para contener y manejar los excedentes.

## 1.2. Programa de uso y monitoreo

El manejo del efluente líquido debería plantear un programa de uso. Se listan a continuación aspectos a tener en cuenta en el diseño del programa y a monitorear previo y posterior a las aplicaciones. Sería conveniente la opinión técnica de un especialista en riego y fertilización para ajustar el programa.

Antes de aplicar:

- ◆ Determinar el contenido de N, P, K y sales totales del efluente.
- ◆ Determinar las características de textura del suelo y su capacidad de retención hídrica.
- ◆ Releva el régimen hídrico del sitio a regar
- ◆ Describir el balance hidrológico probable.
- ◆ Seleccionar cultivos a utilizar y justificar su inclusión en función de su potencial para capturar nutrientes en biomasa vegetal.
- ◆ Determinar el nivel de aplicación de efluente máxima anual posible de acuerdo a la capacidad de captura de nutrientes en suelo y vegetación y los límites impuestos por el contenido de sales.
- ◆ Asignación de superficies. Con la información precedente calcular la superficie a regar.
- ◆ Seleccionar la superficie de acuerdo a pautas recomendadas con respecto a: a) textura de suelos, b) pendientes, c) distancias a centros poblados, d) distancia a acuíferos superficiales y pozos de agua, e) profundidad mínima de la freática, f) capacidad de evapotranspiración y captura de nutrientes por los cultivos y g) precipitación en la estación de crecimiento y anual.
- ◆ Confeccionar un plano con la ubicación topográfica de la superficie a regar. Incluir la información citada arriba.
- ◆ Describir la tecnología de los cultivos a desarrollar y los momentos convenientes de aplicación de los efluentes líquidos.
- ◆ Definir el sistema de cosecha y destino del forraje a producir.

Luego de aplicaciones recurrentes:

- ◆ Determinar periódicamente (anualmente) el contenido de N, P, K, sales totales, y el pH en el perfil de suelo a los 0 a 20, 20 a 60 y 60 cm a 1 m de profundidad. El análisis de la evolución de los contenidos de nutrientes y sales permitirá hacer correcciones en la dosificación y momento de aplicación para prevenir lixiviación de contaminantes y salinización del suelo.
- ◆ Determinar contenido de nutrientes en pozos de agua y acuíferos superficiales
- ◆ Determinar el perfil nutricional (macro y micro-minerales relevantes: N, P, S, K, Ca, Mg, Bo, Mo, Se, Zn, Mn, Al y Cd) de los forrajes producidos en el lote y contenidos en el suelo. Estos análisis permitirán la identificación de desbalances nutricionales debidos a carencias o efectos competitivos entre elementos que resulten en carencias o acumulaciones tóxicas para las plantas como para los consumidores del forraje generado.

## 2. Abonado con estiércol

Una tonelada de excrementos de bovinos de feedlot contiene cerca de 5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 4 kg de potasio. Si no se considera la fracción líquida, el excremento resulta en 2,5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 0,8 kg de potasio (1 kg K<sub>2</sub>O). Determinaciones en varios feedlots de EE.UU. indicaron que el excremento promedio de feedlot contiene entre 2 y 2,5 % de nitrógeno, 0,3 a 0,8 % de fósforo y 1,2 a 1,8 % de potasio en base seca (Mathers et al., 1971, 1973; Arrington y Pachek, 1981; Sweeten y Amosson, 1995). Investigaciones australianas (NSW Agriculture, 1998) sugieren rangos de 0,7 a 3 % de nitrógeno, 0,2 a 1,4 % de fósforo, 0,7 a 4 % de potasio sobre base seca y un contenido de humedad del 9 al 54 % para cálculos de mínimos o máximos según se lo requiera. A manera de ejemplo adicional, en el Cuadro 4.2 se resume información de composición química de muestreos realizados en feedlots de Australia (NSW Agriculture, 1998).

Cuadro 4.2. Contenido de nutrientes en excreta de feedlot (base seca)

Nutriente	Promedio	Rango
Materia seca, %	70,50	50 a 90
Nitrógeno, %	2,19	1 a 3
Fósforo, %	0,83	0,4 a 1,3
Potasio, %	2,51	1,5 a 4
Magnesio, %	0,98	0,5 a 1,3
Azufre, %	0,49	0,2 a 0,7
Carbono orgánico, %	12,00	5 a 16
Sodio, %	0,69	0,3 a 1,3
Cloro, %	1,50	0,7 a 2,3
Cinc, kg/kg	154	80 a 283
pH	6,63	5,5 a 8,6

Información de 50 muestras analizadas de feedlots del sur de Queensland, Australia (Evan Powell, NSW Agriculture, 1998).

El clima, la dieta, el tipo de instalaciones y la limpieza afectan la composición final de la excreta acumulada en los corrales. Debido a esta gran variabilidad en los contenidos, particularmente de nitrógeno, es conveniente producir información local para ajustar las estimaciones de las concentraciones de elementos en la excreta recientemente producida y la que se remueve periódicamente de los corrales. La primera permitirá conocer las diferencias que se pierden por volatilización, o disuelta en los efluentes líquidos vía lixiviación o movimiento superficial. La segunda calificará la composición de la excreta que se pretende introducir en un programa de uso.

Como regla general se sugiere disponer de 1 ha a fertilizar cada 20 a 25 animales en el feedlot, en sistemas de secano. En áreas bajo riego, con cultivos de mayor intensidad, se utiliza una relación de 1 ha por cada 10 a 15 animales. Si se implementan algunas prácticas de manejo y manipulación de las dietas podrían reducirse las emisiones de nitrógeno en las excretas y consecuentemente podría incrementarse el número de animales por superficie a fertilizar (Satter et al., 1998).

Al igual que el planteo de uso de líquidos, los cultivos producidos en el área fertilizada deben ser cosechados y extraídos del predio. El pastoreo directo extrae a una tasa muy lenta, no compatible con un planteo de fertilizaciones recurrentes. Podría ser más seguro disponer de una superficie mayor y tener así mayor flexibilidad en la forma de cosecha del forraje. El monitoreo de los efectos de la aplicación sobre las propiedades del suelo y sobre la calidad de aguas es necesario para realizar ajustes en la tasa, forma y momento de aplicación de estos fertilizantes orgánicos.

Aplicaciones de 8 a 15 toneladas de excreta (en base seca) provee suficiente nitrógeno para la mayoría de los cultivos en secano y retrasa o evita la salinización. Aplicaciones de 22 toneladas de excremento por hectárea, con 35 a 50 % de humedad, proveen la base nutricional de maíz, sorgo o trigo bajo riego (Mathers y Stewart, 1984).

Se recomienda generalmente fertilizar de acuerdo a los requerimientos de nitrógeno o demanda de agua de los cultivos (NSW Agriculture, 1998). El cálculo de las aplicaciones dependerá de la demanda del cultivo y la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo. El exceso de estiércol resulta en lixiviación y movimiento superficial de nutrientes e incrementa el riesgo de salinización. Niveles de 70 a 100 toneladas por hectárea han permitido producciones sin limitantes nutricionales en varios cultivos de sorgo y maíz, pero cantidades superiores han deprimido los rendimientos, provocado salinización, daño a la producción y contaminación por lixiviación (Stewart: y Meck, 1977). Debe tenerse en cuenta en los cálculos la disponibilidad de los nutrientes aportados por el abono.

Los nutrientes estarán accesibles para los cultivos cuando la materia orgánica aplicada al suelo sea degradada y los nutrientes sean liberados en formas solubles. Este proceso no es instantáneo, solamente la mitad del nitrógeno aplicado estará disponible para el cultivo en el primer año. El remanente, de degradación más lenta, se va liberando en los años sucesivos por la acción microbiana. La eficiencia de captura del nitrógeno por la vegetación ocurrirá en los meses de crecimiento vegetativo de la planta, poco ocurre durante meses fríos o de cultivos en dormancia. Asimismo, el nitrógeno es el elemento de mayor movilidad, se volatiliza, lixivía o escurre y pierde en el agua de superficie si no se lo captura en biomasa vegetal. Es conveniente fertilizar en la línea de siembra de los cultivos para aumentar la eficiencia de captura y reducir las pérdidas por lixiviación.

En cuanto al potasio aportado, el abono de feedlot contiene nitrógeno y potasio en relaciones similares a las requeridas por la mayoría de las plantas, por lo que al fertilizar por requerimientos de nitrógeno con excreta bovina se fertiliza también con potasio en las proporciones deseables. Las altas cargas de potasio en el agua son raramente un problema en las áreas de riego por la alta capacidad de los suelos de retener potasio. Sin embargo, como para los otros nutrientes, el elemento debe integrarse a la solución acuosa del suelo para poder ser capturado por la matriz coloide y retenido.

El abono orgánico aporta también cantidades importantes de fósforo. Este elemento es el menos móvil, poco susceptible a la lixiviación pero puede incrementar su tasa de migración cuando el suelo excede las posibilidades de absorción y retención del nutriente. Las fertilizaciones recurrentes con excreta incrementan el nivel de fósforo del suelo. Existe riesgo de sobrecarga de fósforo, particularmente en suelos con limitada capacidad de retención hídrica. En esos casos podría ser conveniente fertilizar de acuerdo a la demanda de fósforo y complementar la posible carencia de nitrógeno con una fertilizante químico (ej. urea). En esos mismos casos, las rotaciones con leguminosas permitirían también mejorar el balance del nitrógeno sin deteriorar el del fósforo.

La fertilización distribuida en varias aplicaciones escalonadas favorece la respuesta, aumenta la eficiencia de captura de los nutrientes y reduce los riesgos de lixiviación y movimiento superficial por lluvias. La incorporación al suelo con una labranza superficial también mejora la eficiencia de uso de los nutrientes, en particular del nitrógeno por reducir su volatilización y acelerar la nitrificación. Dados los volúmenes de aplicación, deben tenerse en cuenta los posibles movimientos con precipitaciones y escorrentías en el potrero, pudiéndose generar sectores de déficit y otros de sobrecarga, siendo estos últimos también los topográficamente más bajos y de menor profundidad de suelo hasta el nivel freático.

Con la aplicación de abonos orgánicos la respuesta más rápida y visible es al nitrógeno, luego al fósforo y a los otros elementos que se aportan y pudieran estar en déficit en el suelo (Mathers y Stewart, 1984; Sweeten, 1979, 1984). Frecuentemente se menciona a las aplicaciones de abonos como correctores también de deficiencias de micronutrientes y capacidad buffer. Las mejores respuestas a la fertilización orgánica se verifican en suelos de textura franca con bajos niveles de nitrógeno y fósforo. Aún en esas condiciones se recomienda fertilizar con el mínimo necesario para retardar el incremento excesivo de fósforo, e incluso pensar en el complemento con urea u otro oferente de nitrógeno solamente.

Existe un efecto postergado o residual de la aplicación de abonos orgánicos que debe ser tenida en cuenta en el ajuste de fertilidad en años sucesivos (Mathers et al., 1975). El monitoreo de macronutrientes como azufre, magnesio, potasio y sodio es necesario para evitar excedentes perjudiciales. El aporte de micro-nutrientes en estas aplicaciones es menos relevante desde el riesgo de contaminación y bloqueo de otros elementos. Por otro lado, es factible que se pueda dar una mejora de la estructura edáfica (mayor capacidad de retención de nutrientes y agua) debido a los aportes de estiércol al suelo, pero tal efecto no se detectará hasta pasados 4 o más ciclos o años (Mathers y Stewart, 1981; Sweeten y Mathers, 1985).

Las pendientes del lote constituyen otro factor condicionante de la magnitud y frecuencia de las aplicaciones de abonos líquidos o sólidos. En lotes con pendientes mayores al 1,5 % y que serán sujetos de fertilizaciones recurrentes con efluentes líquidos o estiércol, sería conveniente construir almacenamientos de tierra o bordes en los lados hacia donde la escorrentía superficial se dirige, si dicho escape pone en riesgo recursos hídricos u otra construcción próxima (NSW Agricultura, 1998; Lott, 1994b). Esa bordura servirá de almacenamiento temporal permitiendo que el agua encuentre una vía de salida planeada previamente. Franjas de vegetación natural o implantada que operen de barrera adicional ayudan también a retardar y disminuir el escurrimiento. Finalmente, se debería evitar fertilizaciones con abonos orgánicos en áreas de pendiente con distancias menores de 100 m a cursos o fuentes de agua. Tampoco se debe aplicar efluentes líquidos o estiércol en áreas de alta recarga de acuíferos ni sobre suelos salinos (Mathers y Stewart, 1984; Paine, 1973; Lehman y Clark, 1975)

Por último, se debería evitar lotes para fertilización con estiércol que se encuentren muy próximos a sectores poblados o de recreación. El estiércol recientemente distribuido genera olores que pueden resultar muy molestos a las personas si la incidencia por proximidad o magnitud es alta (NSW Agriculture, 1998). Es importante tener en cuenta el sentido de los vientos predominantes y la época de fertilización. La incorporación inmediata en el suelo reduce el efecto. La homogeneidad de distribución es otro factor, amontonamientos de excrementos prolongan la producción de olores. Si se distribuyen líquidos, la aspersión realizada lo más próxima al suelo evitará la deriva con el viento y el transporte de olores a áreas vecinas.

#### **4.2. Programa de uso y monitoreo**

El manejo del estiércol debería plantear un programa de uso semejante al, planteado para el uso de efluentes líquidos. Sería conveniente la opinión técnica de un especialista en fertilización con abonos para ajustar el programa.

#### **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA Y SUGERIDA**

- Ames, D.R., S.E. Curtis, D. Polin, G.L. Hahn, B.A. Young y R.E. McDowell. 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy Press. Washington, D.C.
- Algeo J.W., Elam CJ, Martinez A y Westing T. 1972. Feedlot air, water, and soil analysis: Bulletin D, How to Control Feedlot Pollution. California Cattle Feeders Association, Bakersfield, CA.
- Arnosson SH, Sweeten JM y Weinheimer B. 1999. Manure handling characteristics of high plains feedlots. Special Report. Texas Agricultural Extension Service, Amarillo, TX.

- Arrington RM y Pachek CE. 1981. Soil nutrient content of manures in an arid climate. Conference on Confined Animal Production and Water Quality. GPAC Publication 15 1. Great Plains Agricultural Council, Denver, CO. pp 259-266.
- ASAE (American Society of Agricultural Engineers). 1988. Manure production and characteristics. ASAE D-384-1. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Barrington SF y Jutras PJ. 1983. Soil sealing by manure in various soil types. Paper 83-4571. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Butchbaker AF 1973. Feedlot runoff disposal on grass croplands. L-1053. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University DPE-752 1, Great Plains Beef Cattle Feeding Handbook, Amarillo.
- Clark RN. 1975. Seepage beneath feedyard runoff catchments. In: Managing Livestock Wastes, Proceedings of the Third International Symposium on Livestock Wastes. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 289-925.
- Clark RN, Gilbertson CB y Duke HR. 1975a. Quantity and quality of beef feedyard runoff in the Great Plains. In: Managing Livestock Wastes, Proceedings of the third International Symposium on Livestock Wastes. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 429-431.
- Clark RN, Schrieider AD, Stewart BA 1975b. Analysis of runoff from southern Great Plains feedlots. Trans ASAE 15(2):319-322.
- Colernan EA, Grub W, Albin, RC, Meenaghan GF, Wells DM. 1971. Catúe feedlot pollution study interim report no. 2. WRC-71-2. Water Resources Center, Texas Tech University, Lubbock, TX.
- Dantzian CL, Ricliter MF y Martin FG. 1983. Chemical elements in soils under catúe pens. 3 Environ Qual 12(2):164-168.
- Elliott U, McCalla TM, Mielke LN, Travis TA. 1972. Ammonium, nitrate and total nitrogen in the soil water of feedlot and field soil profiles. Appl Microbiol 23:810-813.
- Gilbertson CB, Clark RN, Nye JC y Swanson NP. 1980. Runoff control for livestock feedlots: state of the art. Trans ASAE 23(5):1207-1212.
- Gilbertson CB, Nienaber JA, IL Gartrung JA, Ellis JR. y Splinter WE. 1979a. Runoff control comparisons for commercial beef feedlots. Trans ASAE 22(4):842-849.
- Gilbertson CB, Nye JC, Clark RN y Swanson NP. 1981 Controlling runoff from feedlots-a state of the art. Ag Info Bulletin 441. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC.
- Jones OR, Willis WM, Smith SJ y Stewart BA. 1995 Nutrient cycling of cattle feedlot manure and composted manure applied to southern high plains drylands. In: Steele K (ed) Animal Waste and the Land-Water Interface. Proceedings of Animal Waste in the Land-Water Interface Conference, Fayetteville, AR, July 16-19. Lewis, Baton Rouge, pp . 265-272.
- Leifman OR y Gark RN. 1975. Effect of cattle feedyard runoff on soil infiltration rates. J Environ Qual 4(4):437-439.
- Lehman OR, Stewart BA y Mathers AC. 1970. Seepage of feedyard runoff water impounded in playas. MP-944. Texas Agricultural Experiment Station, Texas A& M University, College Station, TX.
- Lindemann ER, Sweeten JM y Burt JP. 1985 Sludge removal from dairy lagoons. In:
- Lott SC, Watts PJ y Burton JR. 1994b. Runoff from Australian cattle feedlots. In: Balancing Animal Production and the Environment, Proceedings, Great Plains Animal Waste Conference on Confined Animal Production and Water Quality. GPAC Publication 15 1. Great Plains Agricultural Council, Denver, CO. pp 47-53.
- Lott SC, Powell E y Sweeten JM. 1994a. Manure collection, storage and spreading. In: Watts PJ, Tucker R (eds) Designing Better Feedlots. Queensland Department of Primary Industries, Toowoomba, Queensland, Australia.
- Loudon TL, Jones DD, Peterson JB, Backer LF, Bragger MF, Converse JC, Fulhage CD, Lindley JA, Melvin SW, Person HL, Schulte DD y White RK 1985. Livestock Waste Facilities Handbook. MWPS-1 8, 2nd Ed. Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, IA, pp 2. 1 2.2; 5.1-5.9.
- Marek TH, Harman W L y Sweeten J M 1994. Irrigation and runoff water quality implications of high load, single frequency (HLSF) applications of feedlot manure. In: Balancing Animal Production and the Environment, Proceedings, Great Plains Animal Waste Conference on Confined Animal Production and Water Quality. GPAC Publication 15 1. Great Plains Agricultural Council, Denver, CO. pp 199-124.
- Marek TM, Harman WIL y Sweeten JM 1995. Infiltration and water quality inferences of high load, single frequency (HLSF) applications of feedlot manure. In: Proceedings, Innovations and New Horizons in Livestock and Poultry Manure Management, Vol. 1, September 6-7, 1995, Austin, Texas. Texas Agricultural Extension Service and Texas Agricultural Experiment Station, College Station, TX, pp 162-169.
- Mathers AC y Stewart BA. 1971. Crop production and soil analysis as affected by application of cattle feedlot waste. In: Livestock Waste Management, Proceedings of the Second International Symposium on Livestock Wastes. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 229-231, 234.
- Mathers AC y Stewart BA. 1981. The effect of feedlot manure on soil physical and chemical properties. In: Livestock Waste: A Renewable Resource, Proceedings of the Fourth International Symposium on Livestock Waste, 1980. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 159-162.
- Mathers AC y Stewart BA. 1984. Manure effects on crop yields and soil properties. Trans ASAE 27(4): 1022-1026.
- Mathers AC, Stewart BA y Thomas JD. 1975. Residual and annual rate effects of manure on grain sorghum yields. In: Managing Livestock Wastes, Proceedings of the Third International Symposium on Livestock Wastes, 1975. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Mathers AC, Stewart BA, Thomas JD y Blali BJ. 1973. Effects of cattle feedlot manure on crop yields and soil conditions. Technical Report 11. USDA Southwestern Great Plains Research Center, Bushland, TX.
- Mathers AC, Thomas JD, Stewart BA y Herring JE. 1980. Manure and inorganic fertilizer effects on sorghum and sunflower growth on iron-deficient soil. Agron J 72:1025- 1029.
- Mielke LN y Mazurak AP. 1976. Infiltration of water on a cattle feedlot. Trans ASAE 19(2):341 -344.
- Mich LN, Swanson NP y McCalla TM. 1974. Soil profile conditions of cattle feedlots. 1 Environ Qual 13(1): 14-17.

- Miller WD. 1971. Infiltration rates and groundwater quality beneath cattle feedlots, Texas high plains. Final Report 16060 EGS. Water Quality Office, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Nienaber JA, Gilbertson CB, Klopfenstein TJ, Palm SI y McCalla TM. 1974. Animal performance and lot surface conditions as affected by feedlot slope and animal densities. In: Proceedings, International Livestock Environment Symposium, Lincoln, NE, pp 130-137.
- NSW Agriculture, 1998. The New South Wales feedlot manual. The Inter-Department Committee on Intensive Animal Industries (Feedlot Section) (2 nd ed.): Update 98/1.
- Phillips PA y Culley JLB. 1985. Groundwater nutrient concentrations below small-scale earthen manure storage. In: Agricultural Waste Utilization and Management, Proceedings of the Fifth International Symposium on Agricultural Wastes. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 672-679.
- Phillips RL. 1981. Maps of runoff volumes from feedlots in the United States. In: Live stock Waste: A Renewable Resource, Proceedings of the Fourth International Symposium on Livestock Waste. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 274-277.
- Powell EE. 1994. Economic management of feedlot manure. Final Report, Parr. 2. Evan Powell Rural Consultants, Dalby, Queensland, for Meat Research Corporation contract M.087, Sydney, NSW, Australia.
- Powers WL, Herpich RL, Murphy LS, Whitney DA, Manges HL y Wallingford GW. 1973. Guidelines for land disposal of feedlot lagoon water. C-485. Cooperative Extension Service, Kansas State University, Manhattan, KS.
- Schuman GE y McCalla TM 1975 Chemical characteristics of a feedlot soil profile. Soil Sci 119(2):113-118.
- Shuylar LR, Farmer DM, Kreis RD y Hula ME. 1973. Environment protecting concepts of beef cattle feedlot wastes management. National Environmental Research Center, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Corvallis, OR.
- Smith Si, Sharpley AN, Stewart BA, Sweeten JM y McDonald T. 1994. Water quality implications of storing feedlot waste in southern Great Plains playas. In: Balancing Animal Production and the Environment, Proceedings, Great Plains Animal Waste Conference on Confined Animal Production and Water Quality. GPAC Publication 15 1. Great Plains Agricultural Council, Denver, CO. pp 267-270.
- Stewart BA y Meek BD. 1977. Soluble salt considerations with waste application. In: Balancing.
- Swanson NP, Lorimor JC y Mielke LN. 1973. Broad basin terraces for sloping cattle feedlots. Trans ASAE 16(4):746-749.
- Swanson NP, Mielke LN y Ellis JR. 1977. Control of beef feedlot runoff with a waterway. ASAE Paper 77-4580. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Sweeten JM. 1988a. Composting manure and sludge. L-2289. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, TX.
- Sweeten JM. 1988b. Groundwater quality protection for livestock feeding operations. B- 1700. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University System, College Station, TX (revised 1992).
- Sweeten JM. 1990b. Feedlot runoff characteristics for land application In: Agricultural and Food Processing Wastes, Proceedings of the 6 International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes, Chicago, IL, pp 168-184.
- Sweeten N. 1991. Cattle feedlot waste management practices for water and air pollution control. B 1671, Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, TX.
- SwCCten N y Amosson SB. 1995. Manure quality and economics. In: Total Quality Manure Management Manual. Texas Cattle Feeders Association, Amarillo, TX.
- Sweeten JM, Marek TH y McReynolds D. 1995a. Groundwater quality near two cattle feedlots in the Texas high plains. Appl Eng Agric 11(6):845
- Sweeten JM y Mathers AC. 1985. Improving soils with livestock manure. 3 Soil Water Conserv 40(2):206-210.
- Sweeten JM y McDonald PP. 1979. Results of TCFA environmental and energy survey- 1979. Texas Cattle Feeders Association, Amarillo, TX.
- Sweeten JM, Pennington HD, Seale D, Wilson R, Seymour RM, Wyatt AW, Cochran IS y Auvermann BW. 1990. Well water analysis from 26 cattle feedyards in Castro, Deaf Smith, Parier, and Randall counties, Texas. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University System, College Station, TX.
- Sweeten JM, Safley LM y Melvin SW. 1981. Sludge removal from lagoons and holding ponds: case studies. In: Livestock Waste: A Renewable Resource, Proceedings of the Fourth International Symposium on Livestock Wastes. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 204-210.
- Sweeten JM y Wolfe MI- 1994 Manure and Wastewater Management Systems for Open Lot dairy operations. Trans. ASAE 37(4):1145-1154.
- Sweeten JM. 1976. Dilution of feedlot runoff. NIP- 1297. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, TX.
- Sweeten JM. 1979. Manure management for cattle feedlots. L- 1094. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, TX.
- Sweeten JM. 1984. Utilization of cattle manure for fertilizer. In: Baker FH, Miller ME (eds) Beef Cattle Science Handbook, Vol. 20. Westview Press, Boulder, CO. pp 59-74.
- Sweeten JM, Pamell CB, Shaw RW y Auvermann BW. 1998. Particle size distribution of cattle feedlot dust emissions. Trans ASAE 41(5): 1477-1481.
- Sweeten JM, Sequoia GL, Seymour RM, Hickey MG, Young SM. 1995b. Irrigation of cattle feedlot runoff on winter wheat (extended abstract). In: Proceedings, Animal Waste and the Land Water Interface Conference. University of Arkansas Water Resources Center, Fayetteville, AR, pp 14-16.
- TNRCC. 1995. Concentrated animal feeding operations. Control of certain activities by rule. Texas Natural Resources Conservation Commission. Tex Reg June 30, 20(50):4727-4742.

- TWC (Texas Water Commission). 1987. Control of certain activities by rule. Chapter 321, Texas Natural Resources Conservation Commission.. Tex Reg March 17, 20(50):904-909.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1973 Development document for proposed of fluent limitations guidelines and new source performance standards for the feedlots point source category. EPA-440/1-731004. EPA, Washington, DC, pp 59-64.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1993. National pollutant discharge elimination system general permit and reporting requirements for discharges from concentrated animal feeding operations. Fed Reg, February 8, pp 7610-7644.
- Walker J. 1995. Seepage control from waste storage ponds and treatment lagoons. In: Proceedings, Innovations and New Horizons in Livestock and Poultry Manure Management Conference, Vol. 1, September 6-7, 1995, Austin, Texas. Texas Agricultural Extension Service and Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University System, College Station, TX, pp 70-78.
- Wallingford GW, Murphy LS, Powers WL, Manges HL 1974 Effect of beef feedlot lagoons on soil chemical properties-growth and composition of corn forage. J Environ Qua! 3(1):74-78.
- Watts PJ, Jones M, Lott SC, Tucker RW y Smith RJ. 1992. Odor measurement at a Queensland feedlot. ASAE Paper 92-4516. Presented at the International Winter Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Nashville, TN, December 15-17.
- Wells DM, Coleman EA, Grub W, Albin RC y MeeDaghan GF. 1969. Cattle feedlot pollution study Interim Report No. 1. WRC-69-7. Water Resources Center, Texas Tech University, Lubbock, TX.
- Wiese A-F, Sweeten JM, Bean BW, Salisbury C1 y Chenault EW. 1998. High temperature composting of cattle feedlot manure kills weed seeds. Appl Eng Agric 14(4):377-380.
- Watts PJ y Tucker RW. 1993a. The creation and reduction of odour at feedlots. Workshop on Agricultural Odours, Australian Water and Wastewater Association and Clean Air Society of Australia and New Zealand, pp 11-3.14.
- Watts PJ y Tucker RW. 1993b. The effect of ration on waste management and odor control in feedlots. In: Recent Advances in Animal Nutrition in Australia, 1993. University of New England, Armidale, NSW, pp 117-129.

Volver a: [Invernada o engorde a corral o feedlot](#)