

324

"DETERMINACION DE ACIDO CIANHIDRICO EN SEIS VARIEDADES DE SORGOS FORRAJEROS HIBRIDOS (Sorghum bicolor (Linn.) Moench) X (Sorghum sudanense (Piper.) Stapf) Y UNA VARIEDAD DE MIJO PERLA (Pennisetum spicatum (L.) R. Br.)"

TESIS

Sometida a la consideración de la Escuela de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

Francisco Rivera Velez

Como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

Septiembre de 1977.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE LA
ESCUELA DE AGRICULTURA
Y GANADERIA

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



EL SABER DE LOS PASADOS
ES LA FUERZA DE LA
BIBLIOTECA DE LA
ESCUELA DE INGENIERIA
Y ARQUITECTURA

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	4
MATERIAL Y METODOS.....	25
RESULTADOS.....	28
DISCUSION.....	37
RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	40
BIBLIOGRAFIA.....	42
APENDICE.....	44

INDICE DE CUADROS Y GRAFICA

	Pág.
Cuadro 1. Mecanismo de la reacción para la obtención de HCN a partir del Glucósido Amigdalino por Hidrólisis Enzimática.....	5
Cuadro 2. Determinación de ácido prúxico (HCN) en variedades de sorgo por medio del análisis cuantitativo. Primer ciclo completo de las plantas, correspondiente al primer corte.....	28
Cuadro 3. Determinación de ácido prúxico en variedades de sorgo, por medio del análisis cuantitativo segundo ciclo completo de las plantas correspondientes a rebrote.....	29
Cuadro 4. Prueba de significación, Método Duncan, para la interacción estados fenológicos y partes de la planta, correspondiente a tallo y hoja.....	33
Cuadro 5. Prueba de significación, método Duncan, para el factor estados fenológicos, correspondiente a rebrote.....	35
Cuadro 6. Prueba de significación, método Duncan, para la interacción estado fenológico y parte de la planta (rebrote).....	36
Gráfica 1. Interacción variedades, estados fenológicos, expresados en mg. de HCN/Kg. de forraje seco.....	32

INTRODUCCION



A nadie escapa el hecho de que la ganadería está atravesando por una seria crisis, la cual es el resultado de la conjugación de diversos factores, entre los que destacan las condiciones climáticas adversas, la falta de energéticos y un mercado incierto.

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE LA
ESCUELA DE AGRICULTURA
Y GANADERIA

Los ganaderos ya establecidos y los que se inician en el negocio de la crianza y de la engorda de ganado, se muestran escépticos y hasta temerosos acerca del futuro de esta industria. Aunque la situación de los últimos años ha sido desfavorable, esto no quiere decir que la ganadería del Continente Americano y en particular la del norte de México, esté en peligro de desaparecer. La carne roja, principalmente de res, ha sido y será siempre un artículo de consumo y de primerísima necesidad y a pesar de altibajas en el mercado, no hay país alguno que pueda prescindir de ella.

Si para el norte de México el mercado de exportación a los Estados Unidos ha disminuído considerablemente, eso no significa que el ganadero exportador se quedará sin vender sus animales. Recientemente nuevos mercados se están abriendo en países Europeos, lo cual presenta un panorama totalmente halagueño. Por otra parte, no debe olvidarse

que las necesidades de consumo interno van en aumento y que el mercado nacional de carne roja será más atractiva en el futuro.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE LA
ESCUELA DE AGRICULTURA
Y GANADERIA

Una de las soluciones para contrarrestar los altos costos de producción de carne a base de concentrados, que hasta cierto punto hacen incosteable la engorda de ganado en corral, ha sido el de producir carne en praderas irrigadas tanto de invierno como de verano, teniendo un auge considerable. Así como resultado de lo antes expuesto, se encuentra el establecimiento de praderas de verano bajo riego de variedades híbridos de sorgo forrajeros. Las hibridaciones de líneas puras de sorgo han provocado cierto interés entre los agricultores y ganaderos ya que ofrecen una mejor, más eficiente y más económica alimentación del ganado.

Las ventajas que poseen los híbridos de sorgo incluyen su mayor grado de resistencia a enfermedades, mayor producción de forraje y sus tallos dulces con menor contenido de ácido prúsico o cianhídrico que las especies progenitoras.

El contenido de ácido prúsico siempre ha sido el mayor problema, tanto en líneas puras como en hibridaciones de sorgo forrajeros, obligando al ganadero a tomar ciertas precauciones para evitar pérdidas en sus hatos.

Se han llevado a cabo varios trabajos con la finalidad de encontrar las concentraciones existentes de HCN en algunas especies y variedades de sorgo, siendo el presente uno de ellos en el cual se trata de detectar las concentraciones de ácido cianhídrico, en las diferentes partes de la planta y los diferentes estados fenológicos de crecimiento de algunas variedades híbridas de sorgo forrajero.

LITERATURA REVISADA

Los compuestos fenólicos contribuyen al sabor y color de los alimentos y forrajes derivados del sorgo, además pueden interferir en la digestibilidad hasta hacerlos tóxicos. Los fenoles comprenden muchos compuestos orgánicos aromáticos, entre los que se encuentran los glucósidos cianogénéticos (16).

Cuando las plantas son venenosas, el veneno no suele encontrarse en grandes cantidades como ácido prúsico libre, sino en forma de compuestos complejos llamados glucósidos.

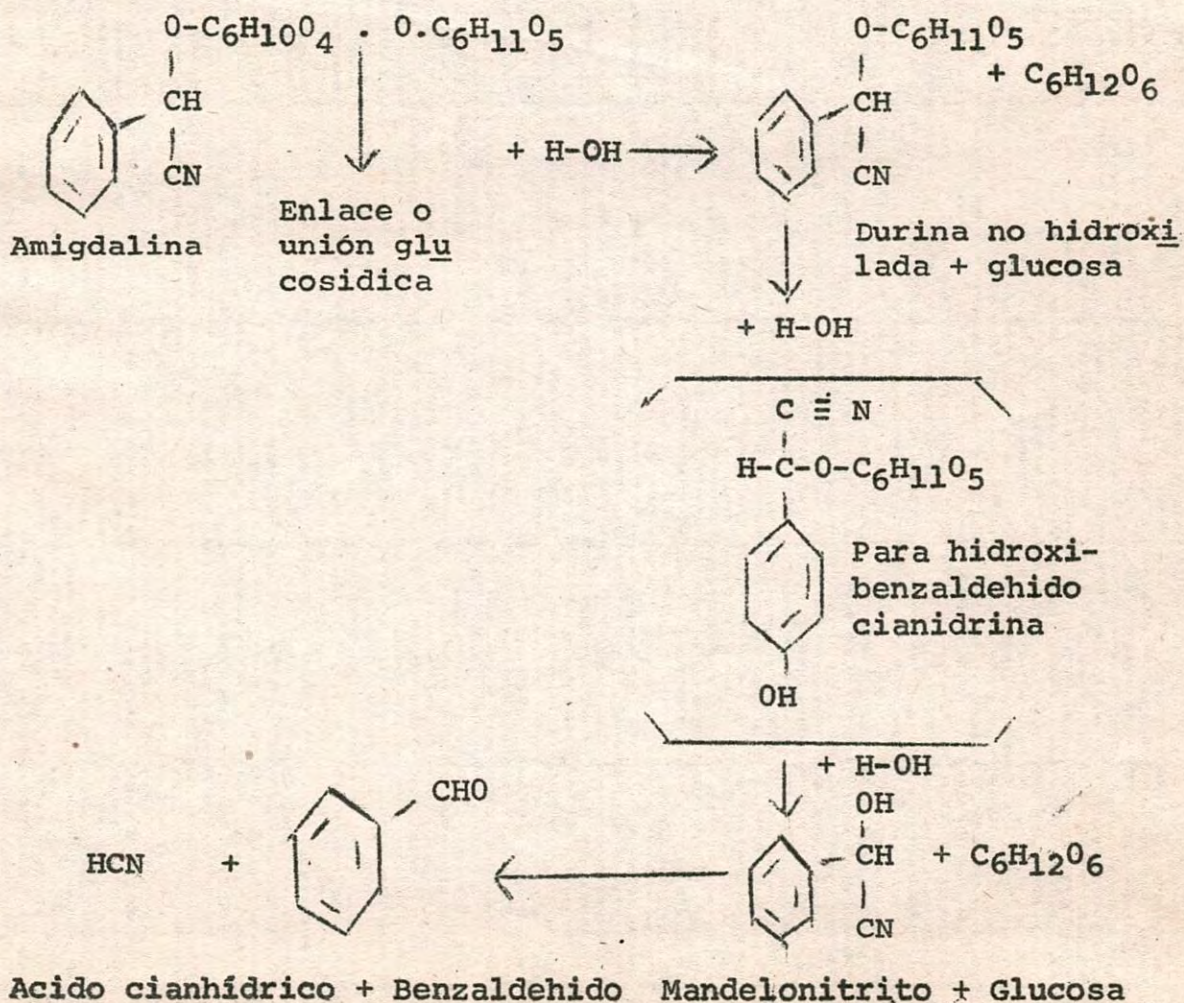
Estos compuestos tienen que descomponerse y poner en libertad el ácido prúsico para que se produzca el envenenamiento. Tales glucósidos se descomponen con facilidad y forman HCN por la acción de una enzima presente en la misma planta. El veneno puede ponerse en libertad en el tracto digestivo del animal que haya consumido la planta ó en la propia planta cuando se marchita ó se machaca (12,15).

El HCN es la substancia venenosa que se desprende cuando los animales ingieren plantas con alto contenido de durrina (glucósido), substancia esta última que se encuentra en las hojas aún no maduras de los sorgos. Es

muy común que esto ocurra con el pastoreo de ganado bovino y ovino, por ser grandes consumidores de plantas forrajeras (8).

El ácido prúsico es producido mediante la transformación de la amigdalina disacarido que es un glucósido natural, el cual es un compuesto que se obtiene como derivado de la glucosa al transformarse esta, de una aldosa (monosacarido que tiene un grupo aldehído) en un acetal ó glucosido, que mediante hidrólisis enzimático se da como resultado la formación del ácido cianhídrico como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Mecanismo de la reacción para la obtención de HCN a partir del Glucósido Amigdalino por Hidrólisis Enzimática.



El glucósido amigdalino mediante hidrólisis enzimática, sufre inicialmente un rompimiento en su enlace glucosídico, separando una mol de glucosa (unidad que constituye el glucósido) más una mol de durrina no hidroxilada, sufriendo esta última una nueva hidrólisis para formar otra molécula de glucosa más una molécula de mandelonitrilo la cual es muy inestable por su estereoquímica (distribución en el espacio de los átomos que constituyen a las moléculas de este compuesto) y debido a este efecto estereoquímico la molécula de mandelonitrilo se convierte en dos productos finales que son el benzaldehído y el ácido prúsico. Cabe indicar que puede existir un compuesto intermedio entre la durrina no hidroxilada y la formación del mandelonitrilo, recibiendo el nombre de durrina hidroxilada (parahidroxibenzaldehído cianhidrina) la cual se puede aislar, inactivando la acción de la enzima glucosidosa (4-16).

Dunstan y Henry (1902) aislaron la durrina que por acción enzimática libera HCN. La durrina tiene un punto de fusión entre los 163°C y 165°C (-64°C en agua y -65°C en etanol) y es una p-hidroxil-L mandelonitrilo-B-D-glucopiranosida, localizándose en las partes aéreas de las plantas. Las plantas de sorgo contienen una can-

tividad de HCN que varia desde trasas, hasta 335 mg, por 100 gr. de forraje, según diversas etapas de crecimiento (16, 13).

La concentración de glucósidos es más alta cuando las plantas crecen rápidamente después de un período de retardo. Se observa tal hecho casi siempre cuando las lluvias estimulan el crecimiento rápido después de la la tencia del desarrollo durante las sequías ó cuando las siembras son comidas por el ganado ó destruidas por la presencia de langostas ó por la aplicación de herbicidas. Las plantas marchitas heladas ó prematuras son probablemente más venenosas que las plantas maduras normales. Existe mayor problema cuando llegan animales hambrientos a praderas con grandes concentraciones de plantas venenosas. El ganado transeunte ó resientemente llegado, quizá no se acostumbre a las plantas locales y puede intoxi carse con pastos que los animales indígenas ingieren. Hay pruebas de que los animales se acostumbran al veneno y pueden tolerar dosis crecientes del mismo. Los bovinos y ovinos que pasan de praderas estivales secas a cam pos de sorgo inmaduro (tierno) ó de zacate sudan (Sorghum sudanense) suelen ingerir vorazmente grandes cantidades y en estas circunstancias se observa mortalidad elevada

que ocurre a veces en término de una hora y otros en un lapso de 15 minutos (3).

En general las plantas jóvenes, de menos de tres semanas de edad tienen más HCN que las adultas, las hojas y los macollos contienen más HCN que el tallo principal dado que su desarrollo es menor y también varía de acuerdo con la variedad. El zacate sudan contiene menos HCN que la mayor parte de las variedades de sorgo y que el zacate johnson (Sorghum halepense). El contenido de HCN es pequeño ó casi nulo después de que la planta ha alcanzado de 45 a 50 cm. de altura ó más (12, 16, 15, 6, 2).

Para detectar o determinar la presencia de HCN, el material sospechoso puede ser sometido a examen. La muestra del rumen o del producto vegetal se coloca en un tubo de ensaye que contenga un poco de agua destilada y unas cuantas gotas de cloroformo y se calienta muy suavemente en presencia de un papel de picrato sódico. Un cambio rápido en el color del papel reactivo de amarillo a rojo indica presencia de HCN libre. Una vez comenzado el cambio de color, ocurre rápidamente aunque puede ser necesario calentar suavemente durante cinco a diez minutos, antes de que se inicie el cambio. El tubo debe estar provisto de corcho mientras se calienta y el papel reactivo col-

gando de un extremo sin tocar el material de prueba. Los papeles reactivos se preparan fácilmente por mezcla de 0.5 gr. de ácido picrico, 5.0 gr. de carbonato sódico y 100 ml. de agua destilada. Se recortan tiras de papel de filtro, se sumergen en el reactivo y se dejan después secar en un lugar obscuro.

El reactivo es estable durante seis días cuando menos si se conserva en lugar frío, pero los papeles pierden su actividad si se conservan más de una semana. El contenido del rumen puede analizarse también colocando una gota de líquido del mismo sobre el papel reactivo; si este vira a rojo, la reacción es positiva. Esta prueba es específica, solamente para descubrir ácido cianhídrico libre y quizá no resulte positivo en presencia de cianuro, si no se libera el gas. Las muestras de plantas sospechosas deben enviarse al laboratorio para análisis sumergidos en una solución de cloruro mercurico del uno al tres por ciento, en igual forma el contenido del rumen, hígado y músculo. El músculo pierde menos HCN y por lo tanto es el tejido preferido si existe cierto intervalo entre la muerte y la necropsia. Las muestras de hígado para ser adecuadas deben tomarse durante las primeras cuatro horas que siguen a la muerte y la de tejido muscular en las primeras 20 horas. Justifica el

diagnóstico de la intoxicación la presencia de HCN en proporción de 0.63 microgramos por ml. en el músculo (3).

Otra forma de detectar la presencia de HCN en los campos de sorgo y que van a ser pastoreados, consiste en llevar primero al pasto un animal de poco valor. Si no se observan en él efectos de envenenamiento, puede llevarse el resto del ganado (12). Según Kahar y Talapatra (1948), la variación en el contenido del glucósido obedece a diferentes prácticas de cultivo y a condiciones climáticas; se sabe que la aplicación de fertilizante nitrogenados puede aumentar hasta 20 veces el contenido de esta substancia, sobre todo en suelos pobres. Las plantas de crecimiento secundario, así como las enanas debido a sequías en otras condiciones desfavorables son peligrosas en especial si se secan muy rápidamente. El peligro se elimina mediante un secado lento y completo durante siete días. Los sorgos y otras plantas cianogénicas, muertas a causa de las heladas conservan su peligrosidad durante varios días (14).

Dowell (1919), que hizo determinaciones del contenido de HCN de sorgo fresco y sorgo después de haber sido secado bajo varias condiciones y concluyó que ordinariamente alrededor del 75 por ciento del HCN es liberado en

el proceso de secado. La rapidez con la cual el sorgo es secado determina el porcentaje que este retiene. Si el sorgo es cortado durante una sequía después que está parcialmente seco, mientras permanece erecto, el secado es muy rápido. Bajo tales condiciones un alto porcentaje de HCN es retenido en las hojas. También descubrió que la maltosa y dextrosa al uno por ciento adicionadas al sorgo pueden prevenir la liberación de tres cuartas partes del HCN. La maltosa y la dextrosa fueron seleccionadas porque están formadas por la acción de la ptialina de los almidones dentro del rumen. Esta retención del HCN en la presencia de estos azúcares puede ser atribuída o deberse ya sea a la reacción entre el ácido prúsico y el azúcar (aldehído) ó a la pérdida de actividad de la enzima por el azúcar. Esto podría conducir a la sugerencia que en caso de que exista cualquier duda acerca de la concentración tóxica del sorgo, se podría consumir algunas concentraciones, puesto que el sorgo es un alimento. En este caso una considerable cantidad de dextrosa y maltosa puede ser producida por la digestión salivaria y tendería a prevenir la liberación del HCN del sorgo después que el animal se encuentra lleno (13).

Se ha comprobado que es conveniente proporcionar

a los animales vacunos ó lanares un alimento amiláceo, como el grano de maiz ó de sorgo antes de llevarlos a pastar las plantas que pueden ser venenosas ó las que estén situadas en las inmediaciones. El almidón de los granos forma glucosa en el aparato digestivo y contribuye así a prevenir al trastorno (6).

Peters, Slade y Avery (1903) afirmaron que es posible alimentar al ganado con forraje que contenga grandes dosis de HCN de 0.8 a 1.6 gr. sin que presente efectos tóxicos o dañinos, proporcionando al mismo tiempo una gran cantidad de dextrosa.

William y West (1915-1916), descubrieron que una aplicación de fertilizante nitrogenado a suelos pobres incrementa la cantidad de glucósidos cianogénicos en el desarrollo del sorgo, pero en suelos fértiles, ricos en fósforo, una adición de nitrógeno no produce efectos en el contenido del glucósido. Estos investigadores también estudiaron el efecto de algunos factores, como humedad, temperatura y la etapa de crecimiento en la variación del contenido de HCN en plantas de sorgo. Determinaron que plantas en condiciones no sanas y sumado a esto la mala nutrición, transpiración inadecuada, ataque de insectos u otras causas, usualmente contienen mayor cantidad de HCN que las plantas sanas. Observaron

también que la humedad y temperatura tienen un efecto bastante directo en el contenido de HCN en sorgos, principalmente en la etapa de crecimiento, por lo tanto riegos adecuados incluyen en el bajo contenido de ácido cianhídrico, mientras que en condiciones de baja humedad, por lo general se presentan niveles altos, del mencionado tóxico (13).

Generalmente los altos niveles de nitratos y de HCN en el forraje provienen de períodos de sobre-esfuerzo para las plantas. Si se relacionan las prácticas de fertilización nitrogenada con las condiciones de humedad del suelo, se reducirá al mismo los riesgos potenciales de los nitratos y de HCN.

El nivel de HCN en los sorgos está influido por la herencia y a menudo puede reducirse mediante aplicaciones de fertilizantes que contengan potasio, fósforo y calcio, permitiendo que el cultivo madure o sea secado a campo o ensilado. El ensilado reduce los niveles muy elevados hasta un tercio de la cantidad original en un lapso de seis semanas (16).

El picado en verde diluye la toxicidad, debido a que los animales ingieren toda la planta y la durrina se encuentra principalmente en las hojas jóvenes (10).

Los animales rumiantes se ha visto que son más susceptibles a envenenamientos por HCN que los animales monogástricos y los seres humanos, por plantas de igual potencial cianogénico, por la razón de que la microflora ruminal provoca el pH adecuado que acelera un mayor desdoblamiento enzimático que el logrado en los no-rumiantes.

En rumiantes, la absorción de HCN al torrente sanguíneo toma lugar directamente en el rúmen. El HCN es una molécula pequeña que es absorbida rápidamente y fácilmente excretada por algunas vías. Mucho se elimina simplemente por la respiración. El envenenamiento crónico con HCN como se conoce en seres humanos es raro en animales. Si se sospecha que haya envenenamiento por cianuro se deben considerar varios factores: Incluyendo el potencial cianogénico de la planta, la cantidad de HCN libre en la planta antes de la ingestión, el tamaño y clase ó especie del animal, la velocidad de ingestión y la velocidad de liberación de HCN durante la digestión. El cianuro es altamente activo y durante la digestión puede tener reacciones que previenen su absorción por la sangre. Así la clase de ingesta presente en el tracto digestivo y el grado de humedad son importantes. La cantidad de ingesta es significativa en su efecto diluyente sobre el cianuro que entra. La velocidad de excreción o desintoxicación dentro del cuerpo es obviamente de consideración para estimar si se desarrollará un nivel tóxico de HCN en la sangre (9).

Los equinos y porcinos son mucho menos susceptibles a los glucósidos, ya que la acidez del estómago en los

animales monogástricos ayuda a destruir la enzima. Los ovinos son más resistentes que los bovinos quizá por diferencias entre los sistemas enzimáticos de sus estómagos (3).

Quinby y Karper (1966), afirman que la dosis letal es de dos mg. de HCN por Kg. de peso vivo para ovinos y bovinos, cuando se toma en forma de glucósido puro y de 200 mg. de HCN si se toma en forraje seco (1).

Los ovinos alimentados con grandes cantidades de harina de linaza (Linum usitatissimum) al fin de un período de inanición, mueren por intoxicación cianhídrica, igualmente sucede con los bovinos alimentados con lacti-cinio que contienen harina de linaza que no ha sido herbida, pueden ingerir cantidades mortales del glucósido linamarina cianogenética. Se han observado algunos otros casos de intoxicación por HCN cuando se exponen los animales a productos químicos utilizados para fumigaciones ó el fertilizante cinamida cálcica.

Los glucósidos cianogenéticos pueden tener importancia como causa secundaria de timpanismo en los rumiantes.

Las dosis de HCN que no producen efectos clínicos son bien tolerados y dicha tolerancia aumenta con el tiempo. Sin embargo es sabido que los cianuros ingeridos en

pequeñas cantidades son bociógenos y que pueden ser importantes en la producción de bocio clínico en corderos sometidos a dietas pobres en yodo.

Existe interacción indudable entre el HCN y la vitamina B₁₂, pero se desconoce por el momento la importancia de la misma en animales de granja. Se ha empleado la vitamina como tratamiento eficaz en la intoxicación crónica por cianuro en el ratón y las ratas, y se ha encontrado que presentan valores bajos de vitamina B₁₂ en el hígado.

En la forma más común la intoxicación por HCN es aguda y los animales afectados raramente sobreviven una ó dos horas. En la mayor parte de los casos, los animales enferman en unos 10 a 15 minutos después de ingerir el tóxico y mueren dos ó tres minutos más tarde de aparecer los primeros síntomas que incluyen, disnea, ansiedad, inquietud, quejidos lastimosos, decúbito y convulsiones clónicas terminales con opistotones. Las mucosas aparecen de un color rojo brillante. En casos menos agudos y quizá más frecuentes los animales muestran depresión, marcha tambaleante, temblor muscular intenso y disnea; puede haber hiperestesia y lagrimeo. El temblor muscular es evidente, primero en la cabeza y cuello, pero pronto se propaga para invadir todo el cuerpo, el pul

so es débil y rápido.

En general el envenenamiento agudo por HCN consiste en anoxia histotóxica y asfixia tisular consecutiva por parálisis del sistema enzimático de los tejidos. Se suspende el intercambio de oxígeno y se queda retenido en la sangre a la que presenta un color rojo brillante característico; si el curso se prolonga, la sangre puede adquirir color rojo oscuro al inhibirse la respiración y disminuir el ingreso de oxígeno.

El tratamiento consiste en el empleo de una mezcla de nitrato sódico y tiosulfato sódico por vía intravenosa. En bovinos se emplean dosis de tres gr. de nitrato sódico y 15 gr. de tiosulfato con 200 ml. de agua destilada; en ovinos, un gr. de nitrato y dos gramos y medio de tiosulfato sódico en 50 ml. de agua. Con frecuencia debe repetirse el tratamiento debido a liberación ulterior de ácido cianhídrico. El nitrito sódico produce metahemoglobina que se combina con el ácido cianhídrico para producir cianometahemoglobina que no es tóxica. El ácido se libera gradualmente de estos compuestos y es captado por el tiosulfato para formar tiosanato que tampoco es tóxico y se elimina fácilmente. Existe un límite inocuo superior de metahemoglobina más allá del cual ocurre anoxia anémica.

ca y dosis de nitrato mayores de las recomendadas puede exacerbar la anoxia tisular. Cabe recurrir también como tratamiento alternativo el empleo de nitrato sódico o de tiosulfato sódico aisladamente, pero utilizados así no son tan eficaces como la combinación de ambos. La dosis de nitrato sódico solo, es la misma que se indicó anteriormente, pero la de tiosulfato se debe duplicar. En todos los casos, el tiosulfato sódico debe administrarse por vía bucal ó en el interior del rumen para fijar el ácido cianhídrico libre en el mismo. Se emplean dosis de 30 gr. en bovinos y se repiten con intervalos de una hora. Los animales que han sido expuestos pero no prestan signos clínicos deben recibir tratamientos análogos. También produce metahemoglovinemia el azul de metileno y se emplea en bovinos para tratar la intoxicación por ácido cianhídrico pero es mucho menos eficaz que el nitrito sódico (3).

La prevención para evitar problemas de envenenamiento por HCN consiste en lo siguiente:

1. No usar mucho fertilizante con alta cantidad de nitrógeno, especialmente cuando el suelo es deficiente en fósforo.
2. No pastorear plantas pequeñas (ó tiernas) ó cortadas para heno en este estado. Dejar a que alcancen

una altura de 45 a 60 cm.

3. No pastorear plantas que han sido afectadas por sequía y que han permanecido pequeñas, sin consideración del color de la planta.

4. No pastorear nuevos rebrotes que nacen después de un corte. Dejarlos alcanzar una altura que oscile entre 45 a 60 cm.

5. No manejar ganado en praderas peligrosas aún después de media noche, porque pronto perderá su habilidad para resistir el HCN.

6. No olvidar que el ganado es susceptible a ser envenenado con HCN si es llenado con heno antes de ser cambiado a un campo potencialmente peligroso.

7. No pastorear el ganado en los campos peligrosos muy intensivamente porque esto incrementa sus oportunidades de comer plantas venenosas de crecimiento temprano.

8. Hacer la prueba de la solución de picrato sódico del forraje sospechoso ó probar primero pastoreando un animal menos valioso (prueba del borrego) (2).

Son algunas las plantas que poseen glucósidos cianógenos ó cianogénéticos, siendo muchos de ellos malas hierbas, incluyendo la grama nativa (Brachyachne conver

gens), la grama azul (Cynodon incompletus) y de Bermuda (Cynodon dactylon), diversas plantas acuáticas, algunas variedades de cerezas (Prunus spp), Fusia nativa (Eremophila maculata) y sobre todo plantas de la familia de las Linaceas (Linum spp). Algunas especies de hierbas olorosas (Poa aquatica) pueden contener de uno a 52 mg. de HCN por gr. de material seco y se cree que producen índices elevados de mortalidad en ganado hambriento durante el transporte. Algunos vegetales de jardines, entre ellos el árbol del laurel cerezo (Prunus laurocerasus) son fuentes del tóxico dignos de mención. Sin embargo, tienen mayor importancia cierto número de forrajes ordinarios de plantas cultivadas. El zacate johnson, el zacate sudan y el mismo sorgo (Sorghum bicolor) se emplean ampliamente en algunos países como forraje y pueden producir mortalidad elevada en diversas circunstancias. La caña de azúcar (Saccharum officinarum) contiene un glucósido cianogénico del cual puede liberarse ácido cianhídrico; esta liberación tiene lugar por el influjo de una enzima de las vainas del mezquite (Prosopis juliflora), cuando se administran los dos juntos.

La semilla de lino en forma de torta ó de harina es también altamente tóxico si se ingiere en grandes canti-

dades.

Algunos tréboles principalmente, el trébol blanco (Trifolium repens) y ciertas especies de mostazas del género Brassica pueden contener también cantidades significativas de glucósidos cianogénicos (3, 11).

La siguiente lista incluye algunas de las especies capaces de producir HCN, localizándose algunas en los Estados Unidos, Canadá y México (13, 9).

- *Cercocarpus montanus - caoba - (Mountain mahogany)
- Heteromeles arbutifolia - árbol de navidad - (Christmas-berry)
- *Holcus lanatus - zacate terciopelo - (Velvet-grass)
- *Linum usitatissimum - lino - (Flax)
- Linum neomexicanum - lino - (Yellow pine-flax)
- Prunus caroliniano - laurel cerezo - (Cherry laurel)
- Prunus demissa - cerezo - (Western choke-cherry)
- Prunus pennsylvanica - cerezo - (Pin cherry)
- Prunus serotina - cerezo - (Wild black cherry)
- Suckleya suckleyana - suckleya venenosa - (Poison suckleya)
- Triglochin maritima - zacate flecha - (Arrow grass)
- Triglochin palustris - zacate flecha pequeña - (Small arrow grass)
- *Acacia greggii - gatuño - (Catclaw)
- Bahía oppositifolia - Bahía
- Florestina tripteris - Florestina

<u>Glyceria striata</u>	- zacate gallina - (Fowl mannagrass)
<u>Hydrangea spp</u>	- hidra - (Hydrangea)
<u>Lotus corniculatus</u>	- trébol pata de pájaro - (Birdsfoot trefoil)
* <u>Maninot esculenta</u>	- yuca - (Cassava)
<u>Phaseolus lunatus</u>	- frijol lima - (Lima bean)
* <u>Pyrus malus</u>	- manzana - (Apple)
* <u>Vicia sativa</u>	- haba - (Vetch seed)
* <u>Zea mays</u>	- maíz - (Maize, corn)
* Especies comunes en México.	

En un experimento realizado en el Rancho Experimental La Campana, con el propósito de evaluar las variaciones del contenido de ácido cianhídrico en zacate maravilla (Sorghum alnum) en diferentes estados fenológicos y también por el efecto de heladas. Se tomaron un total de 40 muestras (tallos y hojas) para su análisis en laboratorio de una parcela de zacate maravilla establecido en condiciones de riego. Estas muestras se tomaron en los diferentes estados fenológicos de la planta según se indica a continuación:

- a) En estado de desarrollo (tierno) a una altura de 50 cm.
- b) Floración.
- c) En la premadurez.
- d) En la madurez (semilla ya formada).

Además se tomaron muestras después de las primeras heladas (-6°C). Estas muestras fueron de rebrotes. Se mezclaron muestras por separado de hoja y de tallo en cada época de muestreo.

Los análisis se determinaron en dos formas, una forma cualitativa, por coloración en papel picrato y otra determinación cuantitativa por acción de los ácidos minerales.

El análisis cualitativo, con los análisis colorimétricos se encontró que no hubo indicación de toxicidad en ninguno de los estados fenológicos, ni para las hojas ni para los tallos. En este tipo de análisis se considera que hay problema de toxicidad por ácido cianhídrico si se presentan cambios de coloración durante los primeros tres minutos de iniciado el análisis; en todos los análisis efectuados no hubo cambio en ese tiempo considerado.

Con el análisis cuantitativo, pudieron detectarse algunas diferencias interesantes que se muestran en el siguiente cuadro:

Contenido de Acido Cianhídrico (mg./kg. forraje seco) en Zacate Maravilla (*Sorghum almum*) en diferentes etapas de crecimiento.

Parte de la Planta	ESTADO FENOLOGICO				
	Crecimiento	Floración	Premadurez	Madurez	Helada
Hojas	63.22	28.60	8.15	16.32	110.75
Tallos	36.77	21.80	13.62	10.90	111.25
Prom.	50.30	25.20	10.80	13.63	111.00

Como puede observarse los niveles más altos en el contenido de HCN se encuentran después de las heladas en el rebrote de las plantas. Sin embargo estos valores no alcanzaron los niveles reportados como tóxicos.

En cuanto a los estados fenológicos de crecimiento del zacate maravilla, tanto en hoja como en tallo, se presenta un contenido más alto de ácido cianhídrico en los estados tiernos que en la madurez avanzada (1).

MATERIAL Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, localizada en el kilómetro 21, sobre la carretera Hermosillo-Bahía de Kino, a una altura sobre el nivel del mar de 240 metros.

El presente trabajo se realizó a partir del día 20 de mayo al 29 de agosto de 1975, utilizando seis variedades híbridas de sorgo (Sorghum bicolor (Linn.) Moench) X Sorghum sudanense (Piper) Stapf) y una variedad de Mijo perla (Pennisetum spicatum (L.) R. Br.), sembradas el primero de marzo del mismo año, con el fin de comprobar si existían diferencias significativas en el contenido de ácido prúxico entre variedades híbridas de sorgo forrajeros, así como en las diferentes partes de la planta (tallos y hojas) y en los diferentes estados fenológicos que se indican a continuación:

- a) Estado de crecimiento a una altura de 35 cm.
- b) En la prefloración (embuchamiento).
- c) Floración.
- d) Madurez (semilla ya formada).

Los análisis para la determinación del ácido cianhídrico se efectuaron en el Laboratorio de Nutrición de la

Escuela de Agricultura y Ganadería, utilizándose la técnica de determinación cuantitativa siguiendo el método del aparato de destilación Macro-Kjeldahl (7).

Los muestreos se efectuaron de la siguiente manera:

Se utilizaron 21 parcelas estaalecidas bajo riego de seis variedades híbridas de sorgo forrajeros y una variedad de Mijo perla, haciéndose la asignación siguiente:

A₁ = SX-11, A₂ = SX-17, A₃ = Grazer A, A₄ = Grazer N, A₅ = Sordan, A₆ = Trudan 5 y A₇ = Mijo perla, existiendo tres repeticiones para cada variedad.

Se tomó una muestra de cada una de las repeticiones de las variedades y se mezclaron para obtener una muestra representativa para cada una de las variedades, haciéndose por separado los análisis para C₁ = hoja y C₂ = tallo.

El proceso anterior se siguió para cada variedad en cada uno de los estados fenológicos (B₁ = crecimiento, B₂ = prefloración, B₃ = floración y B₄ = madurez), correspondientes tanto para el primer ciclo completo de las plantas (primer corte) como para el segundo ciclo completo (rebrote).

Se efectuaron un total de 112 análisis, correspondiendo 56 análisis para hoja y 56 para tallo.

El análisis estadístico utilizado fue un factorial de

7 X 2 X 4. (Siete variedades por dos partes de la planta por cuatro estados fenológicos).

RESULTADOS

Se realizó el análisis de ácido prúsico para las diferentes variedades, estados fenológicos y parte de la planta, para dos ciclos de crecimiento: Primer corte y rebrote, reportando los siguientes resultados como indica el Cuadro 2 y 3.

Cuadro 2. Determinación de ácido prúsico (HCN) en variedades de sorgo por medio del análisis cuantitativo. Primer ciclo completo de las plantas, correspondiente al primer corte.

Fecha de corte				Mg.de HCN/Kg.de F.V.		Mg.de HCN/Kg.de F.S.	
	B	A	h	C ₁ Hum-75%	C ₂ Hum-85%	C ₁	C ₂
Mayo 20-75	B ₁	A ₁	35	9.59	6.85	38.36	45.66
		A ₂	35	8.22	6.85	32.88	45.66
		A ₃	35	8.22	8.22	32.88	54.80
		A ₄	30	13.74	12.33	54.96	82.20
		A ₅	30	6.85	6.85	27.40	45.66
		A ₆	30	10.96	8.22	43.84	54.80
		A ₇	20	6.85	6.85	27.40	45.66
				Hum-70.3%	Hum-79.3%		
Junio 14-75	B ₂	A ₁	70	4.11	3.42	13.83	16.52
		A ₂	70	3.42	2.74	11.51	13.23
		A ₃	60	4.11	2.74	13.83	13.23
		A ₄	60	4.79	3.42	16.12	16.52
		A ₅	60	4.79	2.74	16.12	13.23
		A ₆	70	2.74	3.42	9.22	16.52
		A ₇	70	2.05	2.05	6.90	9.90
				Hum-69%	Hum-76%		
Julio 1-75	B ₃	A ₁	110	3.42	2.05	11.03	8.54
		A ₂	120	3.42	2.74	11.03	11.41
		A ₃	100	3.42	2.05	11.03	8.54
		A ₄	100	3.42	2.05	11.03	8.54
		A ₅	100	3.42	2.05	11.03	8.54
		A ₆	90	2.74	2.33	8.83	9.71
		A ₇	90	1.37	1.37	4.41	5.70

				Hum-65%	Hum-74%		
Julio 11-75	B ₄	A ₁	130	2.05	2.05	5.85	7.88
		A ₂	130	2.05	2.74	5.85	10.53
		A ₃	120	2.74	2.05	7.82	7.88
		A ₄	120	3.10	2.74	8.85	10.53
		A ₅	120	2.74	2.05	7.82	7.88
		A ₆	100	2.05	2.05	5.85	7.88
		A ₇	90	1.09	1.09	3.11	4.19

F.V. = Forraje Verde
 F.S. = Forraje Seco
 B = Estados fenológicos
 A = Variedades
 h = altura en centímetros.

Cuadro 3. Determinación de ácido prúsico en variedades de sorgo, por medio del análisis cuantitativo segundo ciclo completo de las plantas correspondientes a rebrote.

Fecha de corte				Mg.de HCN/Kg.de F.V.		Mg.de HCN/Kg.de F.S.	
	B	A	h	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂
				Hum-73%	Hum-84%		
Julio 23-75		A ₁	40	3.42	4.11	12.66	26.18
	B ₁	A ₂	40	4.11	4.11	15.22	26.18
		A ₃	40	5.48	4.11	20.29	26.18
		A ₄	40	5.48	5.48	20.29	34.90
		A ₅	40	5.48	4.11	20.29	26.18
		A ₆	40	5.48	5.48	20.29	34.90
		A ₇	30	4.11	4.11	15.22	26.18
Julio 30-75				Hum-71%	Hum-80%		
		A ₁	65	3.42	2.74	11.74	13.70
	B ₂	A ₂	65	2.74	2.05	9.44	10.25
		A ₃	60	3.42	2.74	11.74	13.70
		A ₄	65	2.74	2.74	9.44	13.70
		A ₅	65	3.74	2.05	12.89	10.25
		A ₆	60	3.42	2.05	11.79	10.25
A ₇		50	2.05	2.05	7.07	10.25	

				Hum-70.3%	Hum-79.3%		
Agosto 9-75	A ₁	90		2.05	2.05	6.90	9.90
	B ₃	A ₂	90	2.05	2.05	6.90	9.90
		A ₃	90	2.05	2.05	6.90	9.90
		A ₄	90	2.74	2.74	9.22	13.23
		A ₅	90	2.74	2.74	9.22	13.23
		A ₆	90	2.05	2.05	6.90	9.90
		A ₇	80	1.37	1.37	4.61	6.61
				Hum-66.3%	Hum-74%		
Agosto 29-75	A ₁	180		1.37	1.37	4.06	5.27
	B ₄	A ₂	190	1.37	1.37	4.06	5.27
		A ₃	190	1.37	1.37	4.06	5.27
		A ₄	190	1.37	1.37	4.06	5.27
		A ₅	180	1.37	1.37	4.06	5.27
		A ₆	170	1.37	1.37	4.06	5.27
		A ₇	160	0.82	0.82	2.43	3.15

Se llevó a cabo el análisis de varianza para el primer ciclo comparativo de crecimiento (Primer corte) de las plantas, para determinar diferencias entre los diferentes tratamientos de los diferentes factores: Variedades, esta dos fenológicos y partes de la planta, obteniéndose los si guientes resultados:

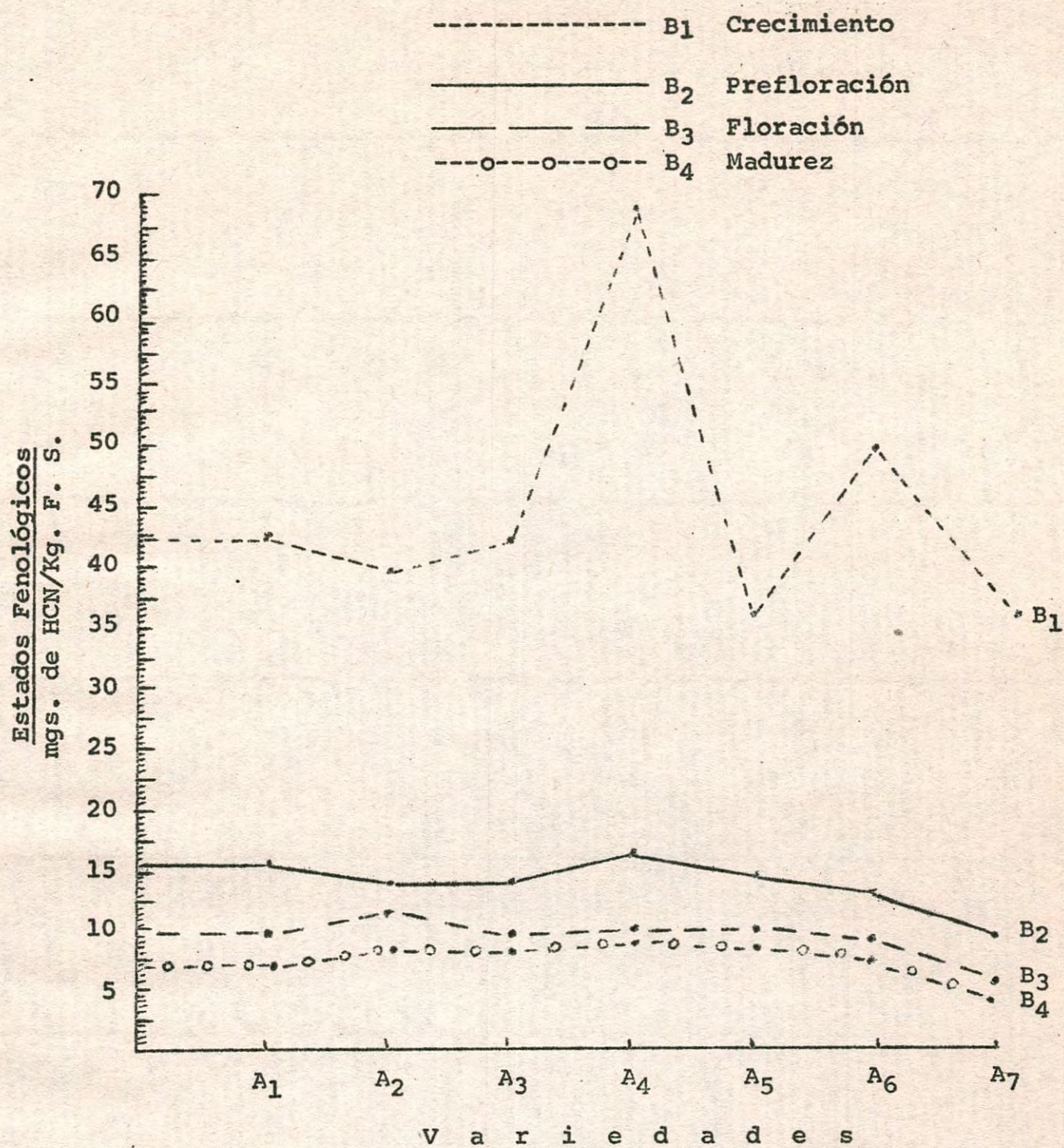
Para el factor variedad el análisis de varianza mostró que existía diferencia altamente significativa, así mismo ocurrió para los factores estados fenológicos y partes de la planta.

También reportó diferencias significativas para interac ción entre variedades-estados fenológicos y estados fenológicos-partes de la planta, no mostrando diferencias signifi-

cativas para la interacción variedades parte de la planta.

Con los resultados del análisis de varianza, se procedió a realizar la prueba de significación para diferenciar los tratamientos, utilizando la prueba de Duncan.

Se realizó la prueba de significación para la interacción entre variedades y estados fenológicos (A y B), mostrando los siguientes resultados: Para todas las variedades el mayor contenido de ácido prúsico se observó en el estado fenológico de crecimiento, siguiendo en orden decreciente, prefloración, floración y madurez respectivamente. También se observó que existían diferencias en el contenido de HCN entre las diferentes variedades en un mismo estado fenológico, siendo la mayor para el tratamiento (A₄ B₁) Grazer-N y estado fenológico de crecimiento, siguiendo en orden decreciente la variedad Trudan-5, Grazer-A, SX-11, etc., todos en el estado de crecimiento. Los tratamientos que reportaron el menor contenido de HCN fueron: De la especie Mijo perla y el estado fenológico de madurez (A₇ B₄), siguiendo en orden decreciente la variedad Trudan-5 estado fenológico de madurez (A₆ B₄) etc. Como se puede apreciar en la Gráfica 1 del factor B (estado fenológico), también existe diferencia entre los valores del factor A(variedades) en un mismo estado fenológico.



Gráfica 1. Interacción variedades, estados fenológicos, expresados en mg. de HCN/Kg. de forraje seco.

También se realizó la prueba de significación para la interacción estado fenológico y parte de la planta, mostrando los siguientes resultados: La interacción estados fenológicos de crecimiento y parte de la planta correspondiente a tallo ($B_1 C_2$) fue el que mostró mayor cantidad de HCN que el resto de los tratamientos, mostrando diferencias significativas. El tratamiento crecimiento y parte de la planta hoja ($B_1 C_1$) le siguió en orden decreciente y mostró diferencias con el resto de los tratamientos, los cuales fueron iguales entre si como se aprecia en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Prueba de significación, Método Duncan, para la interacción estados fenológicos y partes de la planta, correspondiente a tallo y hoja.

Tratamientos	X	
$B_1 C_2$	53.49	a
$B_1 C_1$	36.81	b
$B_2 C_2$	14.16	c
$B_2 C_1$	12.50	c
$B_3 C_1$	9.77	c
$B_3 C_2$	8.71	c
$B_4 C_2$	8.11	c
$B_4 C_1$	6.45	c

También se efectuó el análisis de varianza para el segundo ciclo completo de crecimiento (rebrote) de las plantas, obteniéndose los siguientes resultados:

Para el factor estado fenológico, el análisis de varianza mostró que existía diferencia significativa, no existiendo diferencia significativa para el factor variedades, ni partes de la planta. También reportó diferencia significativa para la interacción entre estados fenológicos y parte de la planta, no mostrando diferencias significativas para la interacción variedades parte de la planta y variedades estados fenológicos.

Con los resultados del análisis de varianza se procedió a realizar la prueba de significación para diferenciar los tratamientos, utilizando la prueba de Duncan.

Se realizó la prueba de significación para el factor estados fenológicos, mostrando los siguientes resultados: El mayor contenido de ácido prúsico se observó en el estado fenológico de crecimiento, siendo estadísticamente igual el contenido de HCN en los estados fenológicos de pre-floración, floración y madurez, como lo muestra el Cuadro 5.

Cuadro 5. Prueba de significación, método Duncan, para el factor estados fenológicos, correspondiente a rebrote.

Tratamientos	X	
B ₁	23.21	a
B ₂	11.17	b
B ₃	8.81	b
B ₄	4.40	b

Se realizó también la prueba de significación para la interacción estados fenológicos y parte de la planta (B y C), mostrando los siguientes resultados: La interacción estado fenológico de crecimiento y parte de la planta correspondiente a tallo (B₁ C₂) fue la que mostró mayor contenido de HCN que el resto de los tratamientos, sin embargo fue igual estadísticamente al tratamiento crecimiento y parte de la planta hoja (B₁ C₁) y mostrando diferencia significativa con el resto de los tratamientos, los cuales fueron iguales estadísticamente, siendo el tratamiento (B₄ C₁) el que mostró menor contenido de HCN como se aprecia en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Prueba de significación, método Duncan, para la interacción estado fenológico y parte de la planta (rebrote).

Tratamientos		X		
B ₁	C ₂	28.76	a	
B ₁	C ₁	17.75	a	b
B ₂	C ₂	11.73		b
B ₂	C ₁	10.60		b
B ₃	C ₂	10.38		b
B ₃	C ₁	7.24		b
B ₄	C ₂	4.97		b
B ₄	C ₁	3.83		b

DISCUSION

Este experimento se desarrolló en condiciones favorables, pese a que se tuvieron problemas en cuanto a tiempo de riegos y fertilización de las parcelas, cuyos factores posiblemente fueron determinantes para la cantidad de HCN presente en la planta.

A continuación se hace una comparación con un experimento que se realizó mas ó menos con la misma finalidad.

En este trabajo se logró obtener datos que nos muestran diferencias estadísticamente en cuanto a producción de HCN entre variedades híbridas de sorgo forrajero, principalmente en los estados fenológicos de crecimiento, pre-floración, floración y madurez, para el primer ciclo completo de desarrollo de las plantas (primer corte), así como variación en la cantidad de HCN presente en las partes de la planta (tallo y hoja).

En un experimento realizado en el Rancho Experimental La Campana (1), en 1974, con la finalidad de evaluar las variaciones de HCN en Zacate Maravilla (Sorghum alnum) en los estados fenológicos de crecimiento, floración, premadurez y madurez, además de encontrar la influencia que tiene el efecto de las heladas en el contenido de ácido prúsico, encontraron con los datos obtenidos que el estado

fenológico de crecimiento presentó los niveles más altos de HCN, siendo mayor el contenido en la hoja en comparación con el tallo. También pudo observarse que los niveles más altos de HCN se obtuvieron después de las heladas, siendo mayor para tallo.

Comparando los resultados de estos dos experimentos se observa que existe una similitud en cuanto a los niveles obtenidos de HCN, siendo mayores en ambos casos en el estado fenológico de crecimiento y en orden descendente para los estados fenológicos de prefloración, floración, premadurez y madurez. Cabe mencionar que en este experimento comparativo se presentó una variación en el contenido de HCN en el estado fenológico de madurez cuyo valor promedio de HCN fue mayor que en el estado de premadurez. También pudo observarse que la hoja presentó el mayor contenido de HCN, lo cual no sucedió en el presente trabajo debido a que los niveles de HCN fueron decrecientes a partir del estado fenológico de crecimiento y el tallo fue la parte de la planta que presentó el mayor contenido de ácido prúsico.

En el presente trabajo, así como en el trabajo comparativo, se pudo observar cierta variación en el contenido de HCN en partes de la planta, correspondientes a tallo y hoja, debido a que la existencia de este glucósido está sujeta a la influencia de ciertos factores ambientales cuya

variación repercute en un aumento en el contenido de ácido cianhídrico, como se ha mencionado anteriormente.

Debido a lo antes expuesto no existe una seguridad, si es el tallo ó la hoja la parte de la planta que presenta el mayor contenido de ácido cianhídrico. El envenenamiento por HCN básicamente no es un problema grave en el Estado de Sonora, únicamente se han presentado algunos casos esporádicos y esto se ha debido a falta de cuidado por el ganadero, que utiliza su pradera de sorgo sin haber ésta alcanzado una altura adecuada de pastoreo; deja sus praderas abiertas después de haber pastoreado o segado; da oportunidad a que el ganado consuma los rebrotes o simplemente que utilice otro tipo de pradera con la presencia de especies del género Sorghum, con niveles tóxicos de ácido cianhídrico.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este trabajo se desarrolló en el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, de mayo a agosto de 1975, utilizándose seis variedades híbridas de sorgos forrajeros y una variedad de Mijo perla bajo riego, con el objeto de encontrar los diferentes niveles de ácido prúsico presente en los estados fenológicos (crecimiento, prefloración, floración y madurez) así como en partes de la planta (tallo y hoja). El diseño estadístico utilizado fue un factorial de 7 X 2 X 4.

Se efectuaron análisis de contenido de HCN durante un período de 90 días, en el laboratorio de Nutrición de la Escuela de Agricultura y Ganadería. Se tomaron muestras de las tres repeticiones de cada una de las variedades, las cuales se mezclaron y se sacó una muestra representativa de ellas. Con los datos obtenidos se realizó el análisis comparativo estableciéndose una relación entre las dos etapas de crecimiento de las plantas (primer corte y rebrote), se pudo obtener en forma general las siguientes conclusiones:

1. La especie pear millet (Mijo peral) mostró el menor contenido de HCN en todos los estados fenológicos del primer corte y rebrote.

2. La variedad Grazer N mostró el mayor contenido de ácido prúsico en todos los estados fenológicos de desarrollo de las plantas en el primer corte y en rebrote, presentando su valor mas alto únicamente en el estado fenológico de crecimiento.

3. El tallo presentó los niveles más altos de ácido cianhídrico en todos los estados fenológicos de desarrollo en el primer corte y rebrote, siendo mayores en el estado de crecimiento en ambos casos, y menores en madurez.

4. También pudo observarse que el contenido de ácido prúsico fue mayor en el estado fenológico de crecimiento, siguiendo en orden descendente, prefloración, floración y madurez, tanto para siembra como rebrote.

5. En ningun estado fenológico alcanzaron las variedades niveles tóxicos, (200 mgs./Kg. de peso vivo, si se toma como forraje seco) no presentando por lo tanto peligro de envenenamiento.

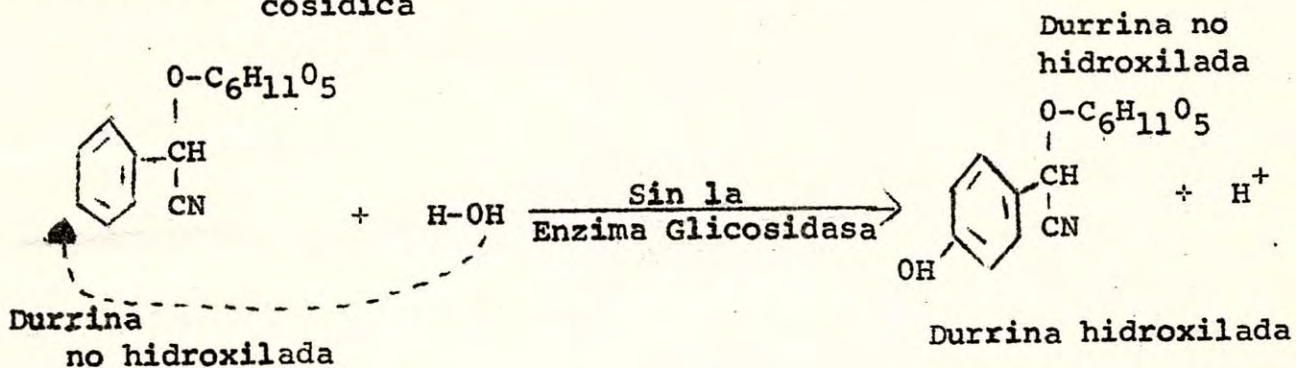
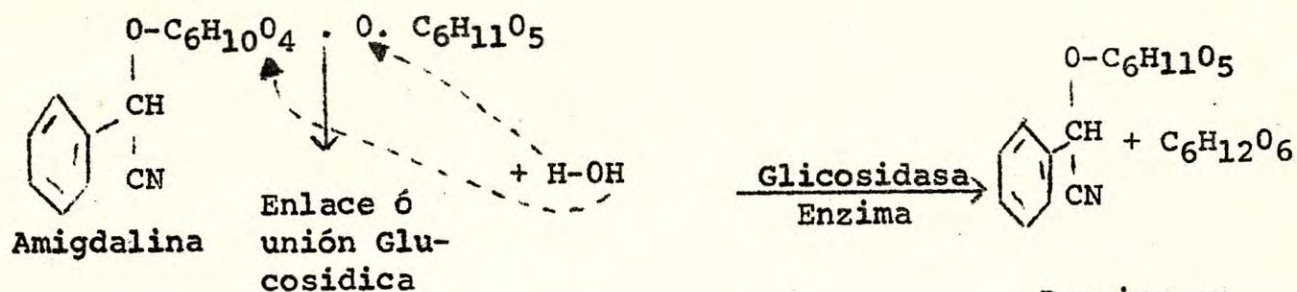
BIBLIOGRAFIA

- 1) ALDANA, E. 1974. Determinación del ácido cianhídrico en zacate maravilla (Sorghum alnum) en 4 estados fenológicos. Pastizales. Rancho Experimental La Campana. INIP - SAG. Vol. 5 No. 5. p. 3, 4, 6.
- 2) BAILEY, J. W. 1963. Veterinary handbook for cattlemen. Springer Publishing Company, Inc. New York. p. 178, 181.
- 3) BLOOD, D. C. y J. A. HENDERSON. 1976. Medicina Veterinaria. Nueva Editorial Interamericana, S. A. México. p. 858, 859, 860, 861.
- 4) CONANT, J. B. y A. H. BLATT. 1963. Química de los Compuestos Orgánicos. Aguilar, S. A. De Ediciones. México. p. 288, 290.
- 5) DAVIS, R. F. 1963. La vaca lechera; su cuidado y explotación. Editorial Limusa Wiley, S. A. México. D. F. p. 225, 226.
- 6) HUGHES, HEARTH y METCALFE. 1974. Forrajes. Compañía Editorial Continental, S. A. México. p. 385, 386.
- 7) HARRIS, L. E. 1970. Compilación de datos analíticos y biológicos en la preparación de cuadros de composición de alimentos para uso en los trópicos de América Latina. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. p. 4801, 4803.
- 8) JONES, L. M. 1959. Veterinary pharmacology and therapeutics. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. p. 110, 112.
- 9) KINGSBURY, J. M. 1964. Poisonous plants of the United States and Canada. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey. p. 23, 24, 25, 26.
- 10) LOZANO, M. J. 1965. Forrajes que causan revolución. Revista Agricultura de las Américas. Intertec Publishing Corp. Colombia. Año 14. No. 8. p. 19, 57.

- 11) McDOWELL, R. E. 1972. Improvement of livestock production in warm climates. W. H. Freeman and Company. San Francisco, Calif. p. 251.
- 12) MORRISON, F. B. 1973. Compendio de alimentación del ganado. U.T.E.H.A. México, D. F. p. 308, 309.
- 13) MUENSCHER, W. C. 1962. Poisonous plants of the United States. The MACMILLAN Company. New York. p. 12, 34, 35, 36, 37.
- 14) SEMPLE, A. T. 1974. Avances en pasturas cultivadas y naturales. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. p. 127, 128.
- 15) STAMM, G. W. 1961. Manual de veterinaria. Editorial Continental, S. A. México. p. 230, 231.
- 16) WALL, J. S. y W. M. ROSS. 1975. Producción y usos del sorgo. Editorial Hemisferio Sur. Centro Regional de Ayuda Técnica (AID). Buenos Aires, Argentina. p. 83, 84, 219.

A P E N D I C E

Mecanismo de la reacción para la obtención de HCN por Hidrolisis enzimática del Glucosido amigdalino.



(Para Hidroxibenzaldehido cianhidrina)

