

Cuantificación del contenido de cobre y otros minerales en pollinazas producidas en el estado de Yucatán

Quantification of copper and other minerals in poultry manure produced in the State of Yucatan, Mexico

Jessé A. Pacheco Aguirre^a, José L. Rosciano Guercio^a, Wilbert A. Villegas Casares^a, Víctor M. Alcocer Vidal^a, Arturo F. Castellanos Ruelas^a.

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo con la finalidad de cuantificar el contenido de cobre (Cu), azufre (S), hierro (Fe), zinc (Zn) y molibdeno (Mo) en la pollinaza comercializada por tres de las más importantes empresas de Yucatán. La recolección de muestras se realizó semanalmente durante 12 meses comprendidos entre junio del 2000 y mayo del 2001. A las muestras se les determinó materia seca, materia mineral; así como Cu, S, Fe, Zn y Mo mediante espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados se agruparon dependiendo de su procedencia (Empresas 1, 2 y 3) y por época del año: lluvias (junio - octubre), nortes (noviembre - enero) y seca (febrero - mayo), y se analizaron mediante el método de cuadrados mínimos empleando un modelo lineal de efectos fijos. El promedio general del contenido de Cu en la pollinaza fue de 82 ppm, y estuvo afectado por la procedencia ($P < 0.01$). La Empresa 1 tuvo una cantidad de Cu en la pollinaza mayor a las Empresas 2 y 3 (161 vs 29 y 23 ppm respectivamente). Se encontró un mayor contenido de Cu durante la época de nortes ($P < 0.05$) que en lluvias y seca (100 vs 74 y 71 ppm, respectivamente). El contenido promedio de S fue 0.51 %; el Fe 673 ppm y el Zn 289 ppm; el Mo se encontró por debajo del límite de detección.

PALABRAS CLAVE: Pollinaza, Cobre, Minerales, Intoxicación, Rumiantes.

ABSTRACT

Analyses were made to quantify the copper (Cu), sulfur (S), iron (Fe), zinc (Zn) and molybdenum (Mo) contents of poultry manure marketed by three of the most important poultry companies in the State of Yucatan, Mexico. Manure samples were taken weekly over a one-year period, from June 2000 to May 2001. Atomic absorption spectrophotometry analysis was done of dry matter, ash, Cu, S, Fe, Zn and Mo. Results were grouped according to company of origin (Company 1, 2 and 3) and annual season (rainy, June - October; windy, November - January; dry, February - May). Data was analyzed by the least-squares method using a model including the general mean, the effect of the season, the effect of the company of origin x season interaction and the random error [NiD (0, s^2)]. Cu content in poultry manure was 82 ppm and was affected by the company of origin ($P < 0.01$). Company 1 had a notably higher Cu content compared to Companies 2 and 3 (161 vs 29 and 23 ppm, respectively). Higher Cu content was observed during the northwind season ($P < 0.05$) than during the rainy and dry seasons (100 vs 74 and 71 ppm, respectively). Average content of other minerals was 0.51 % for S, 673 ppm for Fe and 289 ppm for Zn. Mo contents were below the detection limit.

KEY WORDS: Poultry manure, Copper, Minerals, Intoxication, Ruminants.

El uso de la pollinaza (cama de pollo de engorda) en forma fresca o deshidratada como alimento para rumiantes ha alcanzado una relevancia significativa. Su empleo, sola o integrada en alimentos

The use of fresh or dehydrated poultry manure in ruminant feed has reached significant levels. Whether used alone or integrated into balanced feeds, it represents an important protein and mineral

Recibido el 29 de agosto de 2002 y aceptado para su publicación el 8 de noviembre de 2002.

^a Facultad de Ingeniería Química (FIQ). Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Av. Juárez # 421. Ciudad Industrial. 97288. Mérida, Yuc. cruelas@tunku.uady.mx. Correspondencia y solicitud de separatas al quinto autor.

El presente trabajo fue parte de la tesis del primer autor para obtener la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos sancionada por la FIQ-UADY.

balanceados, representa un aporte importante de proteína y minerales para los animales^(1,2), sobre todo de fósforo disponible⁽³⁾.

Existen desventajas en el empleo de este recurso cuando se ofrece en forma fresca; entre las más importantes está la presencia de microorganismos patógenos y su elevada cantidad de humedad⁽⁴⁾. Estas desventajas se traducen en la posible distribución de enfermedades entre los mismos animales o bien de los animales al hombre. La humedad puede propiciar la combustión espontánea de la pollinaza en las bodegas en donde se almacena.

Otra desventaja del uso de la pollinaza en la alimentación de rumiantes es su elevado contenido de cobre (Cu), el cual puede propiciarles intoxicación. En 1995⁽⁵⁾ se llevó a cabo un muestreo en varias granjas avícolas y se encontró un contenido promedio de Cu de 154 ± 144 ppm, con una variabilidad muy elevada: 13.8 % de las pollinazas muestreadas con una cantidad de Cu entre 200 y 300 ppm y un 24.1 % tuvo un contenido mayor a 300 ppm. Estos niveles son muy elevados y peligrosos, ya que en el caso de los ovinos las tablas de alimentación mencionan que estos animales sólo toleran 25 ppm⁽⁶⁾. En un ensayo reciente con ovinos de pelo recibiendo dietas elaboradas con pollinaza alta en conteniendo de Cu (66 ppm) y ofreciéndolas por más de 91 días, se presentó toxicidad en los animales⁽⁷⁾. Los bovinos toleran niveles de hasta 110 ppm⁽⁸⁾, y es por ello que su riesgo de intoxicación es menor. Numerosos casos de intoxicación de rumiantes por el Cu contenido en la pollinaza han sido diagnosticados en Yucatán⁽⁹⁾.

La absorción y retención de Cu depende de los niveles de molibdeno (Mo), azufre (S), hierro (Fe) y zinc (Zn) en la dieta. El Mo y el S son antagonistas del Cu y el efecto ocurre primordialmente en el tracto digestivo⁽¹⁰⁾. Las deficiencias de Cu por niveles altos de Mo y S en el alimento de los rumiantes, se debe a la formación de tiomolibdato, el cual tiene una alta afinidad por el Cu, haciéndolo indisponible para su absorción digestiva e incrementando su excreción en la bilis, una de las rutas preferentes de excreción de Cu^(11,12).

source for the animals eating it^(1,2), especially of available phosphorous⁽³⁾.

There are disadvantages to using fresh poultry manure, however, the most significant being the presence of pathogenic microorganisms and its high humidity content⁽⁴⁾. These disadvantages can lead to disease distribution between animals and even between animals and humans. Also, the humidity in poultry manure can cause it to spontaneously combust while in storage.

Another disadvantage of poultry manure use in ruminant feed is its high copper (Cu) content, which can cause intoxication in the animals ingesting it. Poultry manure samples taken from various poultry farms in Yucatan in 1995 had an average Cu content of 154 ± 144 ppm, with very high variability⁽⁵⁾. In this same study, 13.8 % of the sampled poultry manure had Cu content between 200 and 300 ppm, while 24.1 % had content greater than 300 ppm. These are very high, dangerous Cu levels given that sheep feed tables place Cu tolerance level at 25 ppm⁽⁶⁾. A recent trial with hair sheep given diets containing high Cu content (66 ppm) for 91 days resulted in toxicity in the animals⁽⁷⁾. Bovines tolerate levels of up to 110 ppm⁽⁸⁾, and thus have a lower intoxication risk. A number of ruminant intoxication cases involving poultry manure Cu content have been diagnosed in Yucatan⁽⁹⁾.

Copper absorption and retention levels depend on dietary levels of molybdenum (Mo), sulfur (S), iron (Fe) and zinc (Zn). M and S are Cu antagonists with their effect occurring primarily in the digestive tract⁽¹⁰⁾. Cu deficiencies caused by high Mo and S levels are due to thiomolybdate formation. This substance has a high Cu affinity, making it unavailable for digestive absorption and increasing its excretion in bile, a preferential Cu excretion pathway^(11,12).

Fe apparently favors ferrous sulfite complex formation in the rumen, decreasing intestinal absorption. A decrease in blood and liver Cu content is observed in these cases⁽¹³⁾. When Zn occurs in quantities above those required by ruminants it also can be an antagonist to Cu⁽¹⁴⁾.

El Fe aparentemente propicia la formación de complejos de sulfito ferroso en el rumen, disminuyendo su absorción intestinal; en estos casos se observa una disminución en el contenido de Cu tanto en plasma, como en hígado⁽¹³⁾. El Zn, cuando excede los requerimientos de los rumiantes, también puede ser antagonista del Cu⁽¹⁴⁾.

Los estudios relacionados con la presencia de Cu en los alimentos para rumiantes, deberán también cuantificar la presencia de estos minerales que son antagonistas de su aprovechamiento.

Por lo anterior, los objetivos de este estudio fueron cuantificar el contenido de Cu y los minerales antagónicos a su absorción, presentes en la pollinaza comercializada por tres empresas avícolas, a lo largo de un año, así como proponer los niveles máximos de consumo de alimentos balanceados para bovinos, elaborados con pollinaza alta en Cu, para evitar la intoxicación de los animales.

Se llevó a cabo un muestreo de pollinazas en los centros de acopio de tres de las empresas más importantes que la producen y comercializan en toda la península de Yucatán, identificándose como Empresa 1, Empresa 2, y Empresa 3. A las muestras se les determinó materia seca, cenizas, Cu, S, Fe, Zn y Mo.

Los análisis se realizaron en los laboratorios de Análisis instrumental y de ciencia de los alimentos de la Facultad de Ingeniería Química, dependiente de la Universidad Autónoma de Yucatán. Se realizó un premuestreo, analizándose 23 muestras de pollinaza (7 de la Empresa 1, 5 de la Empresa 2 y 11 de la Empresa 3), con la finalidad de establecer el tamaño de la muestra a tomar. Se estableció una confiabilidad en la toma de muestra del 95 % y se fijó un error equivalente a ± 3 ppm de Cu⁽¹⁵⁾. Se recolectaron muestras semanalmente durante un periodo de 12 meses, comprendidos entre junio del 2000 y mayo del 2001, las cuales se obtuvieron tomando porciones de pollinaza de aproximadamente un 10 % de los sacos disponibles en las bodegas de cada una de las tres empresas⁽¹⁶⁾. Se obtuvieron y conservaron aproximadamente 1.5 kg de muestra en bolsas de polietileno debidamente identificadas.

Given the potential antagonism of these minerals to Cu absorption, any studies of Cu content in ruminant feeds should quantify the presence of these minerals. Taking this into account, the objective of the present study was to quantify Cu content, as well as the content of minerals potentially antagonistic to its absorption, in commercial poultry manure from three poultry companies over a one-year period. In addition, maximum consumption levels for bovines fed on balanced feeds made with high-Cu poultry manure are proposed in an effort to avoid animal intoxication.

Poultry manure samples were collected from the warehouses of three of the largest companies on the Yucatan Peninsula that produce and market poultry manure. Companies are identified as Company 1, Company 2, and Company 3.

Before collecting the main samples, a pre-sampling was done to determine the required sample size for this analysis. Twenty-three manure samples were taken for this purpose: 7 from Company 1; 5 from Company 2; and 11 from Company 3. Sampling confidence was established at 95 % and an error was fixed equivalent to ± 3 ppm Cu⁽¹⁵⁾. Samples were taken weekly over a 12-month period between June 2000 and May 2001. These were obtained by taking approximately 10 % of the bagged manure available in the warehouses of each company⁽¹⁶⁾. Samples weighed approximately 1.5 kg and were kept in sealed polyethylene bags marked with the sampling data. A total of 165 samples were collected over the study period.

All samples were analyzed for dry matter, ash, Cu, S, Fe, Zn, and Mo at the Instrumental Analysis and Food Science laboratories of the Faculty of Chemical Engineering, Universidad Autónoma de Yucatán. The samples were dried at 60 °C for 24 h in a forced-air oven and the percentage of dry matter was determined for each one. Each sample was then divided into four portions and one portion separated. This portion was milled in a Cyclotec mill to reduce particle size until it passed through a 60-mesh screen. The samples were then incinerated to determine ash content⁽¹⁷⁾. They were

En total se obtuvieron 165 muestras entre las tres empresas, las cuales se analizaron para conocer su contenido en cobre.

Las muestras se secaron a una temperatura de 60 °C durante 24 h en una estufa de aire forzado y se determinó su porcentaje de materia seca. Después se cuartearon y se separó una porción de las mismas; la porción resultante del cuarteo se molió en el molino Ciclotec para reducir el tamaño de las partículas, hasta que pudieran pasar a través de un tamiz de malla 60.

Las muestras se incineraron para determinar la materia mineral⁽¹⁷⁾, la cual se puso en solución, con la finalidad de analizar el contenido de Cu, Mo, Fe y Zn por espectrofotometría de absorción atómica⁽¹⁸⁾. El S se analizó estimando la cantidad de sulfatos utilizando el método gravimétrico⁽¹⁹⁾.

Los resultados de las variables analizadas, se agruparon dependiendo de la procedencia (Empresa 1, 2 y 3) y la época del año: lluvias (junio – octubre), nortes (noviembre – enero) y seca (febrero – mayo) y se analizaron para conocer su media general y los parámetros de dispersión. Las variables también se analizaron mediante el método de cuadrados mínimos, empleando un modelo lineal de efectos fijos que incluyó la media general, el efecto de la procedencia, de la época del año, la interacción entre procedencia x época del año y el error aleatorio [NiD (0, s²)]. De la misma manera se calculó la correlación entre el resultado del contenido de minerales de las pollinzas de la Empresa 1, estimándose el valor de r entre los valores de Cu, con los de S, Fe y Zn respectivamente. Los análisis se realizaron mediante el empleo del paquete estadístico SAS⁽²⁰⁾.

El resultado del contenido de Cu en las pollinzas analizadas en el pre-muestreo fue de 35±19 ppm (media ± desviación estándar); utilizando una confiabilidad del 95 % y un error de ± 3 ppm, se determinó el tamaño de muestras a obtener en 160. Se recolectó una muestra por empresa, cada semana a lo largo de un año. Veintitrés determinaciones de materia seca no se llevaron a cabo y se consideraron

analyzed using atomic absorption electrophotometry to detect the Cu, Mo, Fe and Zn contents⁽¹⁸⁾. Gravimetry was used to estimate the quantity of sulfates for S analysis⁽¹⁹⁾.

The results for the analyzed variables were grouped according to company of origin (Company 1, 2, 3) and the season collected (rainy – June to October; northwind – November to January; dry – February to May). The general mean and dispersion parameters were also determined. The variables were analyzed with the least-squares method, using a fixed effects linear model including the general mean, the effect of company of origin, season, company of origin x season interaction and random error [NiD (0, s²)]. The same method was used to calculate the correlation between the mineral content of the Company 1 manure samples, estimating the r value between the Cu values and those for S, Fe and Zn. Analyses were carried out using the SAS statistics package program⁽²⁰⁾.

The Cu content in the manures analyzed in the pre-sampling period was 35±19 ppm (mean ± standard deviation). Sample size was determined using a 95 % confidence level and ± 3 ppm error, with a result of 160 samples required for the study. One sample was collected from each company every week for the 12-month study period. A certain number of determinations from these samples were lost because of different reasons, among them: 23 dry matter determinations; 26 S observations; 28 Fe observations; and 30 Zn observations.

Average and dispersion parameters for the studied variables are presented in Table 1. Values are not shown for Mo because it occurred at levels below the detection limit. Dry matter content had the lowest dispersion compared to the other variables. Variability in Cu content was the widest, being very wide, and was followed by Fe content variability.

Dry matter content showed an effect ($P<0.01$) attributable to company of origin (Table 2), which was evidently due to the fact that Company 1 dehydrated the manure before including it into balanced feeds for ruminants. Company 2 and

Cuadro 1. Medias generales y parámetros de dispersión del contenido de materia seca, materia mineral y minerales (base seca) en la pollinaza de tres empresas avícolas

Table 1. General means and dispersion parameters for dry matter, ash and other mineral (dry base) contents in poultry manure from three poultry companies

Component	n	Average	Standard deviation	Variation coefficient	Minimum and maximum values
Dry matter, %	142	85	8.1	9.6	65 - 97
Ash, %	165	16	2.6	15.9	10 - 27
Copper, ppm	165	82	58	71.6	3 - 298
Sulphur, %	139	0.51	0.18	35.3	0.19 - 0.75
Iron, ppm	137	673	293	43.5	359 - 1418
Zinc, ppm	135	289	99	34.3	120 - 546

como datos perdidos; lo mismo sucedió con 26, 28 y 30 observaciones de S, Fe y Zn respectivamente.

Los promedios y parámetros de dispersión de las variables estudiadas se encuentran en el Cuadro 1. No se indican los valores de Mo dado que este mineral se encontró por debajo del límite de detección. El contenido de materia seca tuvo la menor dispersión en sus resultados en comparación con las otras variables. La variabilidad en el contenido de Cu fue la mayor, habiendo sido extremadamente grande, siguiéndole en magnitud la variabilidad en el contenido de Fe.

Se encontró un efecto ($P < 0.01$) atribuible a la procedencia sobre el contenido de materia seca (Cuadro 2), evidentemente debido a que la Empresa 1 deshidrató la pollinaza para incorporarla en alimentos balanceados para rumiantes; en cambio las otras dos empresas no lo hicieron y la comercializaron tal y como salía de las casetas de pollos. El contenido de materia mineral se vio afectado por la procedencia ($P < 0.01$) habiendo sido mayor el contenido para la Empresa 3.

El contenido de Cu en la pollinaza también estuvo afectado por su procedencia ($P < 0.01$); La Empresa 1 tuvo una cantidad de Cu mayor, no obstante, su variabilidad fue menor. No se encontró efecto atribuible al tipo de empresa sobre el contenido de S en la pollinaza ($P > 0.05$), en cambio, el

Company 3, in contrast, did not dehydrate the manure and marketed it unprocessed. Ash content was also affected by origin ($P < 0.01$), with the highest content found in manure from Company 3. Cu content was affected by company of origin ($P < 0.01$), with samples from Company 1 exhibiting the highest content, though the lowest variability. For the other analyzed minerals, company of origin appeared to affect Fe and Zn, with the highest contents ($P < 0.05$) in Company 1, whereas there was no apparent effect on S content ($P < 0.05$).

Season had an effect on dry material content ($P < 0.01$), with the poultry manures collected during the rainy season having the lowest content (Table 2). The company of origin x season interaction was significant for dry matter, due to the fact that there was a higher dry material content in manure collected from Company 1 during the rainy season, in contrast to the lower content in manure from the other two companies. This is surely explained by the dehydration process used by Company 1.

Season had no effect on ash content ($P < 0.05$), but the company of origin x season interaction was significant for this variable ($P < 0.01$), due to the higher ash content in manures from Company 1 and Company 3 during the rainy season, and the higher contents in manures from Company 2 during the northwind season.

Cuadro 2. Contenido de materia seca, materia mineral, cobre, azufre, hierro y zinc en la pollinaza dependiendo de su procedencia y época del año (base seca)

Table 2. Dry matter, ash, copper, sulphur, iron and zinc contents in poultry manure from three companies in Yucatan, Mexico, by company of origin and season (dry basis)

	Company			Seasons		
	1	2	3	Rainy	Northwind	Dry
DRY MATTER (%)						
Mean	91.2 ^a	82.7 ^b	77.6 ^c	83.3 ^x	84.3 ^{xy}	86.3 ^y
Standard deviation	2.5	5.8	7.8	9.1	8.5	5.9
Var. coefficient	2.7	7.0	10.1	11.2	10.1	6.8
Minimum and maximum	86.0-97.2	70.1-91.9	64.7-94.9	66.2-97.2	64.7-94.9	67.3-94.2
Number of observ.	59	37	46	48	44	
ASH (%)						
Mean	16.0 ^a	14.3 ^b	18.6 ^c	16.7	16.6	15.8
Standard deviation	1.9	2.2	2.2	2.6	2.6	2.6
Var. coefficient	11.9	15.4	11.8	15.6	15.7	16.5
Minimum and maximum	11.9-27.1	10.7-22.1	10.1-21.1	11.4-21.1	10.1-27.1	10.7-22.1
Number of observ.	68	43	54	66	53	46
COPPER (ppm)						
Mean	162 ^a	29 ^c	23 ^c	74 ^x	100 ^z	71 ^x
Standard deviation	63.7	20.1	13.0	77.9	89.3	64.8
Var. coefficient	39.3	69.6	57.5	105	89.1	90.7
Minimum and maximum	33-298	9-102	3-64	9-260	4-298	3-216
Number of observ.	68	43	54	66	53	46
SULPHUR (%)						
Mean	0.52	0.52	0.51	0.53	0.52	0.50
Standard deviation	0.13	0.07	0.05	0.08	0.12	0.14
Var. coefficient	25.0	13.5	9.8	15.1	23.1	28.0
Minimum and maximum	0.19-0.75	0.26-0.79	0.38-0.61	0.38-0.75	0.21-0.79	0.19-0.66
Number of observ.	43	49	47	57	36	46
IRON (ppm)						
Mean	720 ^a	574 ^b	700 ^a	705	679	625
Standard deviation	174	154	196	230	178	115
Var. coefficient	24.2	26.8	28.0	32.6	26.2	18.4
Minimum and maximum	372-1418	350-911	391-1236	383-1418	350-1201	411-909
Number of observ.	53	38	46	52	44	41
ZINC (ppm)						
Mean	356 ^a	209 ^c	298 ^b	302	272	293
Standard deviation	66	52	70	92.3	86.8	80.4
Var. coefficient	18.6	24.9	23.5	30.6	31.9	27.4
Minimum and maximum	189-546	120-334	147-506	120-476	151-506	147-546
Number of observ.	44	42	49	51	39	45

abc Different letter superscripts on the same line indicate significant difference ($P < 0.05$).

xyz Different letter superscripts on the same line indicate significant difference ($P < 0.01$).

contenido de Fe y Zn fue mayor ($P < 0.05$) en la Empresa 1.

Se encontró efecto ($P < 0.01$) de la época del año sobre el contenido de materia seca, habiendo sido menor en las pollinazas muestreadas durante la época de lluvias (Cuadro 2). La interacción procedencia x época del año fue significativa ($P < 0.01$) y ello se debe atribuir a que en la Empresa 1 el mayor contenido de materia seca se observó en la época de lluvias, situación contraria a lo observado en las otras dos Empresas. El proceso de deshidratado utilizado por la Empresa 1 pudiera explicar esta interacción.

El contenido de materia mineral no se vio afectado ($P > 0.05$) por la época del año. La interacción entre procedencia y época fue significativa ($P < 0.01$), debido a que el mayor contenido de materia mineral en las Empresas 1 y 3 se observó en la época de lluvias, sin embargo en la Empresa 2 se registró en la época de nortes.

El resultado del contenido de Cu en la pollinaza muestreada se vio también afectado por la época del año (Cuadro 3). Se encontró un mayor contenido de Cu durante la época de nortes ($P < 0.05$) en comparación con las otras dos épocas. Se detectó una interacción procedencia x época de año ($P < 0.05$) atribuible a que el menor contenido de Cu en la Empresa 3 se registró en la época de nortes, a diferencia de lo observado en las otras dos empresas. No se detectó efecto de época del año, ni interacción procedencia x época del año ($P > 0.05$), en ninguna otra variable analizada.

El 12.1 % de todas las pollinazas muestreadas tenían entre 201 y 250 ppm de Cu y el 1.8 % tenía más de 251 ppm (Figura 1). El resultado del análisis de correlación entre el contenido de Cu de las pollinazas de la Empresa 1 con el contenido de S, Fe y Zn, indicó que no fue significativo ($r = -0.11$, 0.12 y 0.22 respectivamente) ($P > 0.05$).

El contenido de materia seca de las Empresas 2 y 3 se encontró dentro de lo esperado, comparado con datos previamente mencionados con pollinaza no deshidratada⁽⁸⁾. El elevado contenido de materia

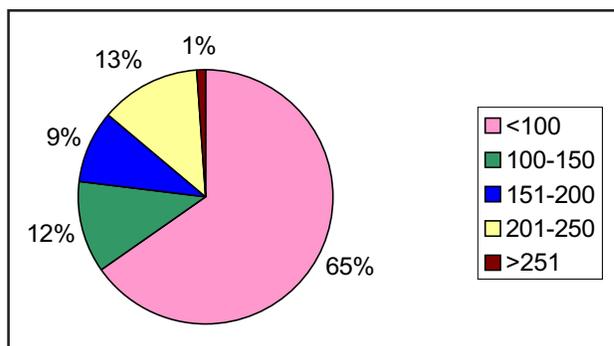
Cu content also exhibited variation due to season (Table 2), with higher levels ($P < 0.05$) observed during the northwind season in comparison to the other two seasons. A company of origin x season interaction ($P < 0.05$) was also detected for Cu content, and is attributable to lower Cu content in manure from Company 3 during the northwind season in contrast to that found in the other companies. Neither season nor the company of origin x season interaction ($P < 0.05$) affected any of the other variables.

Of all the sampled manures, 12.1 % had Cu between 201 and 250 ppm and only 1.8 % had levels higher than 251 ppm (Figure 1). The results of correlation analysis between Cu content and S, Fe and Zn content in Company 1 manures were not significant ($r = -0.11$ for S; 0.12 for Fe; and 0.22 for Zn) ($P < 0.05$).

The dry matter content of the manures from Companies 2 and 3 was within anticipated levels in comparison with earlier reported data for non-dehydrated poultry manure⁽⁸⁾. The high dry matter content in the manures from Company 1 is due to the dehydration process, and is comparable to that obtained by another poultry company in Yucatan that marketed dehydrated poultry manure twelve years ago⁽²¹⁾. In this study it was shown that the

Figura 1. Distribución porcentual del contenido de cobre (ppm) en la pollinaza de tres empresas avícolas (n= 165)

Figure 1. Percentage of copper content (ppm) distribution in poultry manures from three poultry companies (n= 165)



seca observado en la Empresa 1, atribuible al proceso de deshidratado, es equiparable al obtenido por otra industria avícola del estado que hasta hace dos años también comercializaba pollinaza deshidratada⁽²¹⁾. En el trabajo anterior, se puntualizó que el procedimiento de deshidratación de pollinaza fue eficiente para disminuir la presencia de microorganismos patógenos, presencia también observada por otros autores⁽²²⁾. El menor contenido de materia seca observado en la época de lluvias posiblemente sea debido a que durante esta época, la humedad ambiental propicia un aumento en la humedad de la pollinaza.

La materia mineral de las muestras analizadas también se encontraron dentro del rango de valores normales mencionados⁽⁸⁾, no obstante que los resultados encontrados entre empresas fueron estadísticamente diferentes.

En cuanto al contenido de Cu, el promedio general aquí mencionado (82 ppm) fue menor a los 154 ppm informados previamente en Yucatán⁽⁵⁾ y similar a lo informado en el análisis de pollinazas de los estados de Morelos y Veracruz⁽²³⁾. Evidentemente, las empresas avícolas de Yucatán han mejorado el manejo de las aves propiciando una importante disminución en el contenido de Cu en este subproducto. Una gran variabilidad en el contenido de Cu en pollinaza, tal y como aquí se encontró, también ha sido mencionada con anterioridad⁽²⁴⁾.

El alto contenido de Cu y la gran variabilidad atribuible a su procedencia y a la época del año, se puede deber a: 1) El empleo de sulfato de cobre en el alimento de las aves, ya que sirve como promotor del crecimiento al tener una acción bacteriostática en el intestino; esta estrategia es muy utilizada en todas las empresas avícolas, ya que es más económica que el uso de antibióticos o probióticos. 2) El empleo del sulfato de cobre en el agua de bebida de las aves utilizado para controlar brotes de aspergillosis en la molleja, cuyo uso sólo se da en aquellas empresas que están expuestas al riesgo de fungosis.

Posiblemente durante la época de lluvias, debido al aumento en la humedad ambiental, comienzan a

dehydrating process is efficient in decreasing pathogenic micro-organisms in poultry manure, which has been observed by other authors⁽²²⁾. The lower overall dry matter content seen in all the manures during the rainy season may be caused by the higher humidity levels during this season increasing the moisture content of the manure.

Ash content in the analyzed samples was also within normal ranges⁽⁸⁾, even though the results between companies were statistically different.

The general average Cu content for the sampled manures was 82 ppm, which is less than the 154 ppm previously reported for poultry manures from Yucatan⁽⁵⁾, and similar to averages reported for manures from the states of Morelos and Veracruz⁽²³⁾. This indicates that poultry companies in Yucatan have apparently improved their animal management and thus attained a significant reduction in manure Cu content. The wide variability in poultry manure Cu content observed in the present study has been reported previously⁽²⁴⁾.

The high Cu content and wide variability attributable to company of origin and season, may be due to two main factors. 1) The use of copper sulphate in chicken feed is common as a growth promoter because it has a bacteriostatic action in the digestive tract; strategy widely used by poultry companies because it is more economical than antibiotics or probiotics. 2) The use of copper sulphate in animal drinking water for control of aspergillosis outbreaks in the gizzard occurs only in those companies exposed to fungosis risk. What may happen is that during the rainy season mycosis problems in the digestive tract arise due to the increase in humidity. After the rainy season has ended, during the northwind season, the mycosis problem is clearly present and leads companies, in particular Company 1, to dosefy the drinking water with copper sulphate. As a result, the Cu levels in the manure during this season are higher than in other seasons. The month-to-month evolution of manure Cu content observed for the three companies as a whole over the 12-month sampling period (Figure 2) emphasizes the need for close monitoring of manure Cu content from August to December.

establecerse los problemas micóticos en la molleja de los pollos y es durante la época de nortes que el problema se manifiesta plenamente e induce a las empresas, sobre todo a la 1, a dosificar sulfato de cobre en el agua de bebida, observándose este mineral en las excretas de los pollos. La observación mensual de la evolución del contenido de Cu en el conjunto de las tres empresas a lo largo de los 12 meses del muestreo (Figura 2) puntualiza que se debe poner especial atención al contenido de Cu en la pollinaza a partir del mes de agosto y hasta el mes de diciembre.

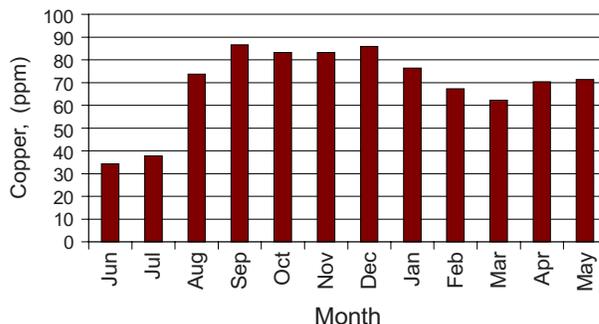
Un contenido de Cu en la pollinaza igual o mayor a 201 ppm es muy elevado y pudiera ser tóxico para los animales que la consuman. El 13.9 % del total de las muestras analizadas estuvieron en este rango, lo cual es una cantidad muy importante.

El contenido promedio de S en las pollinazas fue elevado (0.51 %), siendo comparable al porcentaje de S existente en alimentos de origen animal, a diferencia de los de origen vegetal⁽⁸⁾. Un contenido de S de 0.35 % en el alimento puede ser detrimental para vacas consumiendo una dieta marginal en Cu⁽²⁵⁾. Cuando la presencia de S es de 0.50 % en dietas altas en Cu se incrementa la excreción de este último en la bilis⁽¹²⁾, por lo tanto, es posible que esta elevada presencia de S en la pollinaza reduzca el riesgo de intoxicación por Cu cuando las excretas contengan altas cantidades de Cu.

El contenido promedio de Fe (673 ppm) fue menor al mencionado previamente en pollinazas muestreadas en la misma zona (800 ppm)⁽⁵⁾; sin embargo, esta cantidad es notoriamente mayor a los 250 ppm que pueden interferir a nivel intestinal con el aprovechamiento del Cu dietético⁽¹³⁾. El contenido de Zn (289 ppm) fue más de dos veces mayor de lo encontrado anteriormente en la misma zona (112 ppm)⁽⁵⁾, pudiendo también interferir en el metabolismo del Cu⁽¹⁴⁾. El hecho de que el Mo no se haya detectado mediante la técnica de absorción atómica es importante, ya que el Mo es el más antagónico de los minerales con el Cu. El tratamiento que convencionalmente se aplica a los animales que manifiestan problemas de intoxicación por Cu, consiste en retirar el alimento sospechoso

Figura 2. Evolución mensual del contenido de cobre promedio en la pollinaza de las tres empresas avícolas (2000-2001)

Figure 2. Monthly evolution of average copper content in poultry manure from the three poultry companies (2000-2001)



A Cu content equal to or higher than 201 ppm is considered high and can be toxic to animals that consume it. In this study, 13.9 % of the analyzed samples were within this range, which is a significant number of the total samples.

The average S content was also high (0.51 %). This level is comparable to S percentages found in animal-origin feeds in contrast to vegetable-origin feeds⁽⁸⁾. An S content of 0.35 % in feed can be detrimental to cows consuming a diet with a marginal Cu level⁽²⁵⁾. When S occurs at levels of 0.50 % in high Cu content diets it increases excretion of Cu in the bile⁽¹²⁾. Given this, it is possible that high S content in the sampled manures reduces Cu intoxication risk when the manures have high Cu content.

Average Fe content (673 ppm) was less than previously reported for poultry manures sampled from the same zone (800 ppm)⁽⁵⁾. This level was still notably higher than the 250 ppm that can interfere with dietary Cu use in the intestine⁽¹³⁾. The Zn content (289 ppm) was two times higher than that previously reported for the same zone (112 ppm)⁽⁵⁾, which could interfere with Cu metabolism⁽¹⁴⁾. The lack of Mo detected with atomic absorption in the present study is significant because Mo is the most antagonistic mineral to Cu.

de producir la intoxicación y dosificar molibdato de amonio para reducir la absorción del Cu.

El elevado contenido de Cu detectado en las pollinazas de la Empresa 1 pudiera ser menos riesgoso para los rumiantes que la consumieran, siempre y cuando coincidiera con niveles elevados de S, Fe y Zn en la misma pollinaza; sin embargo, la ausencia de correlación significativa y positiva entre estos minerales indica que no se producirá el antagonismo entre ellos. Dado que el contenido de Cu en las Empresas 2 y 3 fue muy bajo, el estudio de la correlación entre estos minerales se consideró innecesario.

Se concluye que la pollinaza producida por tres empresas avícolas ubicadas en Yucatán durante un año de muestreo tuvo 82 ppm de Cu; una de las Empresas procesó pollinaza con un contenido notoriamente más alto de Cu que las otras dos. La elevada presencia de Cu pudiera estar relacionada con el empleo de sulfato de cobre en el agua de bebida utilizado por los avicultores para controlar problemas de aspergillosis en la molleja de las aves. La época del año en la que se generaron las pollinazas con los mayores niveles de Cu fue la de nortes (noviembre-enero). No obstante que los niveles de S, Fe y Zn se encontraron también elevados en las pollinazas, estos minerales no antagonizan la absorción del Cu.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento de la Fundación Yucatán Produce, A.C. para esta investigación, la cual forma parte del proyecto “Control del riesgo de intoxicación por cobre en rumiantes consumiendo pollinaza deshidratada”.

LITERATURA CITADA

1. Morales TH, Gutierrez OE, Bernal BH. El uso de cama de pollo de buena calidad mejora la productividad de bovinos en crecimiento en engorda intensiva. *Téc Pecu Méx* 2002;40(1):1-15.
2. Zinn RA, Barajas R, Montaña M, Shen Y. Protein and energy

In fact, the conventional treatment for animals with Cu intoxication is to remove the suspected feed and dose them with ammonium molybdate to reduce Cu absorption.

The high Cu content detected in the Company 1 manures may be less of a risk to ruminants that consume it as long as the same manure has high S, Fe and Zn levels. The absence of a significant, positive correlation between these minerals indicates that antagonism will not occur between them. The low Cu contents observed in the manures from Companies 2 and 3 made study of the correlation of these minerals unnecessary.

In general, the poultry manure produced by three companies in Yucatan during the 12-month sampling period contained an average of 82 ppm Cu. One of the companies processed manure with a notably higher Cu content than the other two companies. This difference may be due to the use of copper sulphate in the drinking water of the animals to control aspergillosis outbreaks in the gizzard. The season in which manures with the highest Cu levels are produced is the northwind season (November to January). Though S, Fe and Zn levels were also high in the manures, these minerals are not antagonistic to Cu absorption.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Fundación Produce Yucatán, A.C. for financing this research as part of the project “Control del riesgo de intoxicación por cobre en rumiantes consumiendo pollinaza deshidratada”.

End of english version

value of poultry excreta in diets for feedlot cattle. *J Anim Sci* 1996;41(4):1212-1216.

3. Segura CVM, Tepal CHJ, Carvajal AJ, Castellanos RA. La pollinaza como fuente de fósforo para rumiantes en pastoreo. *Livestock Res Rural Develop* 2000;(12):2. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd12/cas122.htm>
4. Castellanos RAF, G. Cantón CJ, Murguía OML, Moguel OYB.

CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE COBRE Y OTROS MINERALES EN POLLINAZAS

- Ventajas y precauciones del uso de pollinaza como alimento para rumiantes. Folleto divulgativo para productores. INIFAP SAGAR y Fundación Yucatán Produce, A.C. 1999.
5. Moguel OYB, G Cantón CJ, Sauri DE, Castellanos RA. Contenido de algunos macro y microminerales en las deyecciones avícolas de Yucatán. *Téc Pecu Méx* 1994;33(2):100-104.
 6. NRC. National Research Council. Nutrient Requirements of Sheep. Sixth revised edition. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1985.
 7. G Cantón CJ, Moguel OYB, Rojas RO, Sauri DE, Miranda SJ, Castellanos RA. Estimación del daño inducido por el cobre de la pollinaza empleada en la alimentación de ovinos. *Téc Pecu Méx* 1994;32(2):82-89.
 8. NRC. National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle. Seventh revised edition. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1996.
 9. Murguía OML, Rojas RO, Bores QR. Estudio retrospectivo de casos de intoxicación por cobre en ovinos [resumen]. XXXV Reunión nacional de investigación pecuaria. Mérida, Yucatán 1999:62.
 10. Shimada MAS. Nutrición de minerales. En: Fundamentos de nutrición animal comparativa. México, D.F: Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México; 1983:187-208.
 11. Suttle F, Abrahams P, Thorton I. The role of a soil x dietary sulphur interaction in the impairment of copper absorption by ingested soil in sheep. *J Agric Sci* 1984;103:81-89.
 12. Gooneratne SR, Symonds HW, Bailey JV, Christiansen DA. Effects of copper, molybdenum and sulfur on biliary copper and zinc excretion in Simmental and Angus cattle. *Can J Anim Sci* 1994;74:315-325.
 13. Bremner W, Humphries R, Phillippo M, Walker MJ, Morrice PC. Iron-induced copper deficiency in calves: Dose response relationships and interactions with molybdenum and sulphur. *Anim Prod* 1987;48:403-414.
 14. Mc Dowell LR, Houser RH, Fick KR. 1978. Hierro, manganeso y zinc en nutrición de rumiantes. En: Simposio latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Mc Dowell LR, Conrad JH editores. Memorias de la conferencia. Belo Horizonte, Brasil. Univ. de Gainesville, Fl. USA. 1978:124-133.
 15. Montemayor GF. Fórmulas de estadística para investigadores. Segunda Parte. México, DF. Manuales de colección científica. Inst. Nal. de Antropología e Historia. 1973.
 16. CONASUPO. Manual de procedimientos para el análisis y certificación de productos agropecuarios. México, D.F; 1994.
 17. Tejada de Hernández I. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. México: Sistema de Educación Continua en Producción Animal A.C; 1992.
 18. Fick KR, Mc Dowell LR, Miles PH, Wilkinson MS, Kunk JD, Conrad JH. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Florida. Gainesville, Fla. USA; 1979.
 19. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington, Va., USA: Association of Official Analytical; 1990.
 20. SAS. SAS/STAT User's Guide: Statistics (version 6.03) Cary NC, USA. SAS Inst. Inc. 1988.
 21. Castellanos RA, Murguía OLM. Comportamiento de la contaminación microbiológica en alimentos balanceados para rumiantes elaborados con pollinaza. *Rev Biomédica* 2002;13(3):171-177.
 22. Latala A, Krzysko LT, Grata K, Nabrdalik M. Microbiological contamination of poultry manure from poultry farms. *Med Weterynaryja* 1999;55(7):451-454.
 23. Aguiar JA, Rosiles MR, López LR, Quintero MT. Algunos macro y microminerales en pollinaza y gallinaza en los estados de Morelos y Veracruz. *Vet Méx* 1987;18:17-20.
 24. Deshck A, Abo-Shehada M, Allonby E, Givens DI, Hill R. Assesment of the nutritive value for ruminants of poultry manure. *Anim Feed Sci Technol* 1998;73(1-2)29-35.
 25. Smart ME, Cohen R, Christiansen DA, Williams CM. The effects of sulfate removal from the drinking water on the plasma and liver copper and zinc concentrations of beef cows and their calves. *Can J Anim Sci* 1986;66:669-680.

