

# NIVELES DE PLOMO EN SANGRE Y ORINA EN TRABAJADORES DE LA INDUSTRIA PETROLERA EN COSTA RICA

**Dr. Marco A. García Sáenz**

## RESUMEN

En este estudio 87 muestras de sangre y 83 de orina suministradas por 88 trabajadores pertenecientes a cinco diferentes planteles de la empresa Refinadora Costarricense de Petroleo fueron analizadas con el objeto de determinar si el tetraetilo de plomo (TEL) contenido en la gasolina etilada representa un riesgo para los trabajadores.

En base a los resultados obtenidos se determinó que no existe riesgo de intoxicación en los trabajadores expuestos al tetraetilo de plomo con respecto a los controles. Sin embargo se encontró que existen diferencias en los niveles de plomo de los trabajadores de Proceso de Refinería y de los trabajadores que residen en Limón, cuando fueron comparados con los de otros grupos ocupacionales y residentes en otras regiones del país respectivamente. Ambas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.05$  y  $p < 0.01$ ).

Otras variables como la edad, el año de ingreso a la compañía y el hábito de fumar no mostraron tener ninguna influencia sobre un probable incremento en los niveles de plomo en el organismo ( $p > 0.05$ ).

## SUMMARY

87 blood specimens and 83 urine samples from 83 workers in five different locations of the Refinadora Costarricense de Petroleo were analyzed in order to establish if the lead tetraethyl found in the gasoline produced posed a risk for these workers. According to the results obtained these workers were not exposed to major risk when compared to a control group. Nevertheless, different lead levels were found in those workers in the main processing factory when compared to those living in the Limon area and others living elsewhere in the country. The differences obtained were statistically significant. Other variables such as age, time of exposure and smoking were also analyzed not showing any influence in the lead levels found in the group studied.

## INTRODUCCION

Los compuestos de alquilos de plomo (plomo orgánico), se forman cuando una aleación de so-

dio y plomo reacciona con un hidrocarburo halogenado en condiciones adecuadas de temperatura y presión.

Son muchos los compuestos de alquilo de plomo conocidos, pero de todos ellos solo dos tienen importancia industrial:

- El tetraetilo de plomo (TEL)
- El tetrametilo de plomo (TML)

Estos compuestos son añadidos a la gasolina durante su fabricación, con el fin de elevar el octanaje de la misma, disminuyendo de esta forma su capacidad de detonación durante el proceso de combustión interna en el motor.

Existen marcadas diferencias entre metabolismo del plomo orgánico e inorgánico, que explican la disimilitud en las manifestaciones clínicas y bioquímicas de la intoxicación por estos compuestos. Diferencias que son esenciales para la adecuada comprensión de la fisiopatología de la intoxicación y para la elección de los métodos más apropiados para el monitoreo biológico de los trabajadores.

El TEL es absorbido a través de la piel, tracto respiratorio y digestivo (1). Una vez absorbido la concentración disminuye rápidamente en las primeras diez horas. Este rápido descenso en los niveles de este compuesto obedece a la conversión a compuestos hidrosolubles (tri y dialquilo de plomo), llevada a cabo en el hígado, que son rápidamente excretados por la orina. Una pequeña fracción del compuesto absorbido es metabolizada a plomo inorgánico, el cual se puede depositar en los tejidos del organismo, de donde se elimina lentamente en forma de  $Pb^{+2}$ . Debido a esta lenta conversión a plomo inorgánico es que no se han observado casos de intoxicación crónica con estos compuestos (2).

La vía metabólica del plomo orgánico explica los hallazgos de laboratorio en la intoxicación aguda por estos compuestos. En estos casos los niveles de plomo en orina se encuentran elevados y los niveles en sangre normales, los cuales no muestran relación con la severidad del cuadro clínico (3). Debido a esto, a diferencia de lo que ocurre con el plomo inorgánico, el nivel de plomo en orina constituye el mejor parámetro en la determinación de la severidad de la intoxicación. La determinación del nivel de plomo en sangre no tiene valor en la evaluación del grado de absorción de TEL (4).

También existen diferencias en cuanto a las alteraciones bioquímicas inducidas por los dos tipos de compuestos de plomo en el organismo.

Aparte de un descenso en la actividad de la delta-ácido amino levulínico dehidratasa, que es de muy poco valor en el monitoreo rutinario de los trabajadores expuestos a TEL, los otros parámetros bioquímicos relacionados con la síntesis del grupo hem (hemoglobina), muestran muy poco valor o ningún cambio en trabajadores expuestos a alquilo de plomo. Por lo tanto, determinaciones de los niveles de coproporfirina, protoporfirina eritrocítica y ácido delta aminolevulínico no son indicadores bioquímicos de utilidad en la determinación del grado de exposición al TEL (3).

Debido a que la excreción del plomo en la orina depende exclusivamente de la filtración glomerular del riñón, deben tenerse ciertas precauciones con las características de las muestras de orina, ya que un peso específico menor de 1,010 puede inducir a determinaciones de niveles considerablemente menores, mientras que un peso específico de la orina mayor de 1,022 exagera la importancia de la exposición (5).

Por ende si el peso específico se encuentra entre 1,010 y 1,022 (correspondiente a una diuresis promedio de 1 a 2 lt por día), el resultado de plomo urinario expresado en  $\mu g/l$ , da en general información válida sobre los niveles en el organismo (6).

## METODOLOGIA

Este trabajo fue diseñado con el objeto de establecer si el TEL contenido en la gasolina representa un riesgo para los trabajadores expuestos a los vapores de la misma, y a la vez tratar de identificar si existen grupos de trabajadores que ameriten de un monitoreo biológico periódico y determinar el método de laboratorio más adecuado para dicho monitoreo.

Contando con la colaboración de los jefes de plantel, un técnico en Higiene y Seguridad Ocupacional y el personal médico de la empresa, se de-

terminó la población de trabajadores expuesta al riesgo (todos los trabajadores de la empresa expuestos a vapores de gasolina etilada). De esta población se obtuvo una muestra de 50 trabajadores mediante muestreo aleatorio. Por cada trabajador expuesto se seleccionó un control, por medio del registro de empleados, el cual fue escogido similar a los casos en cuanto a edad, fecha de ingreso a la empresa, sexo, plantel y zona de residencia.

Los trabajadores fueron catalogados en forma cualitativa en seis grados de exposición:

1. nulo
2. muy bajo
3. bajo
4. moderado
5. alto
6. muy alto

La clasificación se realizó en base al oficio del trabajador y al tiempo estimado de exposición. La información así obtenida, fue comparada con una autoclasificación hecha por los trabajadores en una escala de 0 a 5.

Como lugar de residencia se tomó la provincia donde habita el trabajador durante su tiempo laboral. Esta variable se consideró de importancia ya que la contaminación ambiental puede jugar un papel significativo en la concentración de plomo en el organismo (7).

Se descartaron todos los controles que estaban expuestos a vapores de gasolina etilada en otro tipo de ocupación. También se excluyeron los trabajadores que por la índole de su trabajo podían estar expuestos a concentraciones elevadas de plomo inorgánico, así como otras actividades fuera de la jornada laboral en la que existiera un potencial riesgo de intoxicación por plomo inorgánico.

El número de la muestra fue calculado en base a un análisis previo, de los niveles de plomo en sangre, llevado a cabo en un estudio piloto, donde se encontró que el promedio de los niveles séricos de plomo fue de 33.21 ug% con una desviación standard de 3.24 ug%. Con estos valores se calculó la diferencia estandarizada (d.e. =  $8/s$ ), valor que luego fue correlacionado en un nomo-

grama para la comparación de dos muestras de una variable continua, con un poder del estudio de 0.93 y un nivel de significancia de 5%.

La determinación de plomo se llevó a cabo en muestras de sangre total heparinizadas, mantenidas a 4°C por un período no mayor de 15 días, y muestras aisladas de orina con un volumen mínimo de 100 cc y una gravedad específica comprendida entre 1,010 y 1,022. Las muestras de orina fueron recolectadas según el procedimiento recomendado por el centro de investigación de la Ethyl Corporation.

Para el análisis de muestras se empleó el "Analytical Method for Atomic Absorption Spectrophotometric" (8).

Las muestras fueron codificadas con el objeto de que ni la persona que las tomaba ni la que las analizaba supieran cuales eran los casos y cuales los controles. Estos análisis estuvieron a cargo de un laboratorio particular, no relacionado con la empresa.

Para efectos del análisis de los resultados, los trabajadores fueron agrupados en siete grupos ocupacionales:

1. administrativo: oficinistas
2. oleoducto: personal encargado del bombeo del producto y medición de tanques de almacenamiento
3. distribución: personal encargado de despachar el combustible, abasteciendo los camiones cisternas en los cargaderos diseñados para este efecto
4. misceláneos: trabajadores que realizan diversas labores acorde con las necesidades
5. vigilancia: además de la vigilancia se encargan de verificar la correcta colocación de los marchamos en los camiones cisternas
6. proceso: trabajadores de la planta refinadora de petróleo que están directamente relacionados con el proceso de refinación del crudo
7. otros: trabajadores no incluidos en las otras categorías como son choferes, mecánicos e inspectores de patio.

**RESULTADOS**

De la muestra original de 100 trabajadores, 4 rehusaron participar en el estudio. De los 96 restantes, 9 muestras de sangre coaguladas y 13 de orina con un volumen insuficiente (menor 100cc) fueron descartadas por considerarse inadecuadas para el análisis.

El 100% de las 170 muestras analizadas en el presente estudio, se encontró entre los límites normales aceptados (sangre: 40ug% y orina: 80ug/l).

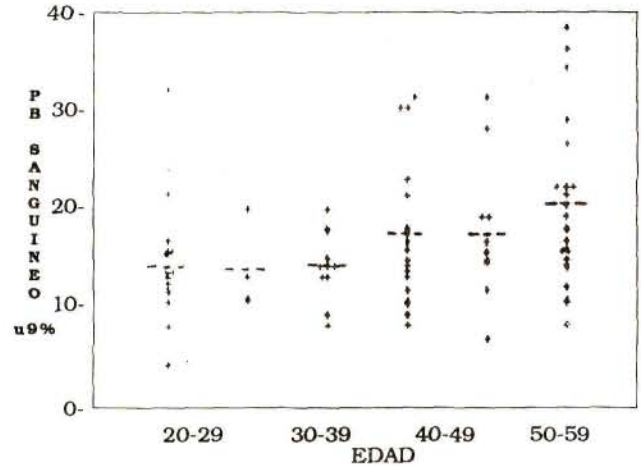
Se observó que para los trabajadores expuestos a vapores de gasolina etilada, hay una tendencia de los niveles de plomo a mantenerse con el transcurso de los años, mientras que para los controles presentan una relación inversamente proporcional a la edad. Diferencia que no es significativa (p 0.05).

Los promedios de los niveles de plomo en los diferentes grupos según el año de ingreso a la empresa, son muy similares entre todos ellos, tanto para casos como para controles. La diferencia encontrada no fue significativa (p 0.05).

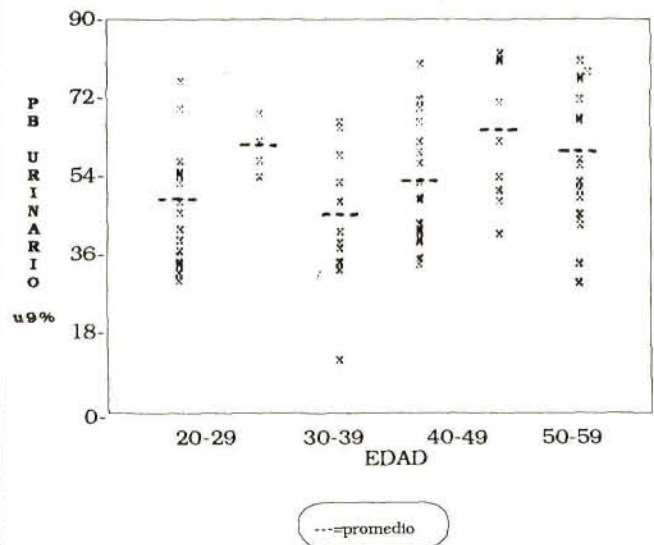
De acuerdo al grado de exposición de los trabajadores a los vapores de gasolina etilada, se encontró que los niveles de plomo aumentan con respecto al incremento en la exposición de los trabajadores (grafs. 1 y 2). Esta tendencia es más evidente para el nivel de plomo sanguíneo que para el urinario. Sin embargo, cuando los grupos se compararon con los de exposición nula, se encontró que la diferencia fue estadísticamente significativa para los niveles urinarios de los grupos de exposición alta y muy alta y para las muestras de sangre del grupo con exposición muy alta (p 0.05). Al analizar los datos, del grupo de muy alta exposición, se determinó que este aumento es principalmente a expensas del grupo de trabajadores de Proceso, ya que el promedio de los niveles de plomo en sangre para este grupo fue de 25.78ug% y en orina de 65.68ugl, mientras que para los otros trabajadores fue de 18.15ug% y de 56.13ug/l respectivamente.

Con el fin de determinar si existe algún grupo que pueda tener mayor riesgo que otros en desarrollar un problema de acumulación de plomo

**GRAFICO 1**  
Niveles y promedios de plomo sanguíneo para casos y controles según edad. 1987.

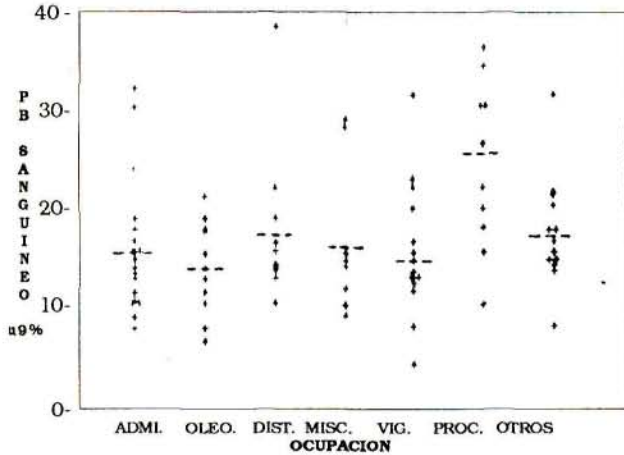


**GRAFICO 2**  
Niveles y promedios de plomo urinario para casos y controles según edad. 1987.

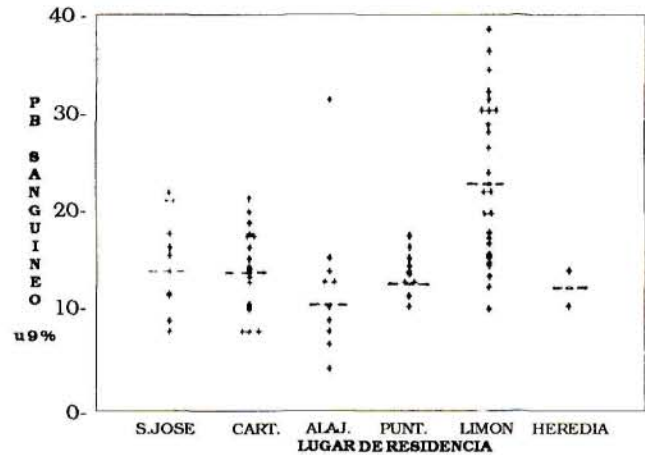


en el organismo, a consecuencia de la exposición a vapores de gasolina etilada, se llevó a cabo una correlación entre los niveles de plomo en sangre y orina y la ocupación de los trabajadores (ver grafs. 3 y 4).

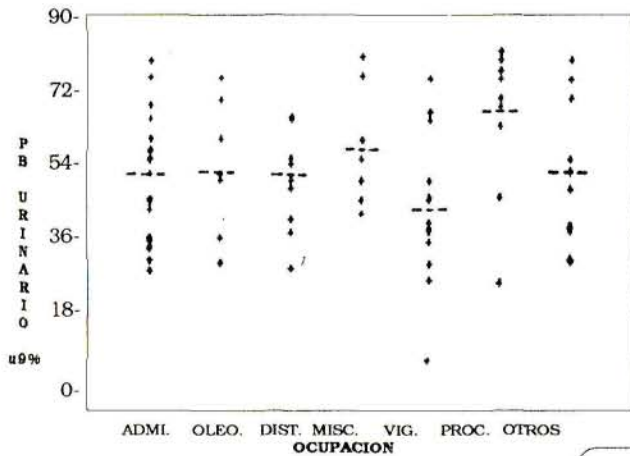
**GRAFICO 3**  
Niveles y promedios de plomo sanguíneo según ocupación 1987.



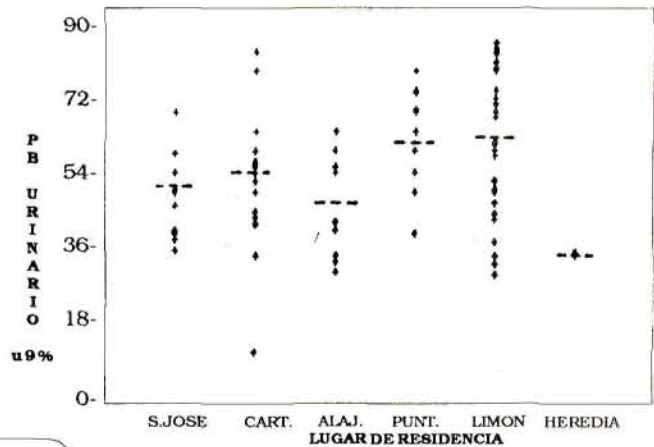
**GRAFICO 5**  
Niveles y promedios de plomo sanguíneo según lugar de residencia. 1987.



**GRAFICO 4**  
Niveles y promedios de plomo urinario según ocupación 1987.



**GRAFICO 6**  
Niveles y promedios de plomo urinario según lugar de residencia. 1987.



---=promedio

Como puede observarse, el grupo ocupacional que presentó mayores niveles de plomo fue el de Proceso (Refinería). Único grupo cuya diferencia fue estadísticamente significativa, al ser comparado con el grupo administrativo ( $p < 0.05$ ). Resultados que concuerdan con los anteriormente mencionados. Se esperaría que los habitantes de una zona con mayor contaminación ambiental, como San José, presenten niveles mayores de

plomo que los de otras regiones. Sin embargo, como se puede apreciar en los gráficos 5 y 6, los trabajadores que residen en diferentes provincias tuvieron niveles muy similares de plomo en sangre y orina, excepto los que se encuentran radicados en Limón, los cuales presentaron niveles mayores. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $p < 0.01$ ).

El hábito de fumar no tuvo ningún efecto so-

bre los niveles de plomo en el organismo. Los promedios obtenidos tanto para fumadores como no fumadores fueron casi idénticos (p 0.10).

### DISCUSION

Los datos obtenidos en este estudio concuerdan con los resultados publicados en un estudio realizado en Gran Bretaña, durante un período de 20 años, en el cual no se detectaron ni signos ni síntomas de intoxicación por alquilos de plomo en un grupo de 300 trabajadores expuestos a vapores de gasolina etilada en fiferentes refinerías (3).

Cuidadosas evaluaciones médicas e industriales de ocupaciones relacionadas con el manejo de la gasolina etilada, no han demostrado que exista riesgo para la salud a consecuencia de la inhalación o la absorción a través de la piel del TEL contenido en la gasolina en cantidades convencionales (4mg/galón de gasolina) (4). Otras investigaciones confirman estos hallazgos (9-10).

Los niveles de plomo sanguíneo encontrados en la población de trabajadores examinada (17.16ug%), son muy similares a los reportados por Goldwater et al (11), quienes realizaron un estudio a nivel internacional sobre los niveles normales de plomo en sangre y orina. En este estudio se encontró que el promedio de plomo sanguíneo en una muestra de habitantes de 16 países, fue de 18ug% y de 33ug/l en orina. Este dato también concuerda con el valor encontrado en C.R. para la población no expuesta a plomo, según otro trabajo de investigación, donde el nivel reportado fue de 17ug% (12). Los niveles de plomo en orina para la población trabajadora de Recope fueron ligeramente más elevados (53.17ug/l) que los encontrados por Goldwater y colaboradores (11). Pero sin aproximarse a los niveles máximos normales (80ug/l). La diferencia entre los valores encontrados, puede deberse a que en el presente estudio se utilizó una muestra de orina aislada de 100cc, mientras que en el estudio antes mencionado (Goldwater et al), se tomó una muestra de 120cc de la orina recolectada en 24 horas.

A pesar de que el nivel de plomo en orina de

una muestra aislada puede ser alterado por la capacidad de filtración glomerular del riñón (13), como se anotó antes, si el peso específico de la orina se encuentra entre 1,010 y 1,022, el resultado expresado en ug/l, da en general información válida sobre la impregnación del organismo (5). Sin embargo, por este método no se puede diferenciar entre la fracción proveniente de plomo orgánico y la originada por plomo inorgánico. En recientes investigaciones se ha encontrado que los niveles de dietilo de plomo en la orina, son un indicador específico para determinar el grado de exposición al tetraetilo de plomo (14). Desafortunadamente esta prueba de laboratorio no está disponible en el país.

El promedio de los niveles de plomo encontrados en sangre y orina para los trabajadores expuestos a vapores de gasolina etilada (PbS=18.03 ug%, PbU=56 ug/l), fue ligeramente mayor al encontrado para los controles (PbS=16.23 ug%, PbU=50.13 ug/l). Pero como se puede observar esta diferencia fue mínima y no mostró tener importancia ni estadística ni clínica.

La inexistencia de una tendencia de los niveles de plomo de aumentar con la antigüedad de los trabajadores, es contrario a lo que se esperaría si existiera en el puesto de trabajo una exposición constante al TEL. Por el contrario se puede observar que los niveles tienden a mantenerse, con excepción del grupo control de mayor antigüedad, donde estos niveles descienden ligeramente.

El hecho de que exista una diferencia significativa entre los niveles de plomo en sangre y orina de los trabajadores con el mayor grado de exposición con respecto al grupo con exposición nula, indica que los niveles de plomo en el organismo pueden variar ligeramente a consecuencia del plomo contenido en la gasolina, pero no al grado de significar un riesgo para la salud del trabajador ya que ninguno de los valores encontrados superó los niveles máximos aceptados como normales.

Al analizar los resultados según la ocupación de los trabajadores se determinó que el grupo ocupacional que tuvo niveles promedio de plomo más elevados fue el de Proceso, diferencia

que fue estadísticamente significativa ( $p = 0.50$ ). Sin embargo es importante resaltar que este grupo de trabajadores reside en su totalidad en Limón, mientras que en los demás grupos ocupacionales incluyen trabajadores de los otros cuatro planteles estudiados. Esto es importante ya que se determinó que los trabajadores que residen en Limón, indistintamente de si están o no expuestos a vapores de gasolina etilada, tienen niveles de plomo en sangre y orina que son mayores en promedio a los niveles encontrados en otros trabajadores que residen en otras regiones del país. Inclusive, contrario a lo que se esperaría por el grado de contaminación ambiental, esta población de Limón tiene mayores niveles de plomo que el de los trabajadores que residen en San José. Por lo tanto debe descartarse la posibilidad de que existan factores inherentes a la región Atlántica que predispongán a una elevación de los niveles de plomo en esta población. Esta observación es respaldada por el hecho de que no hubo diferencia significativa entre casos y controles de cada plantel, pero se observó que el plantel donde los niveles de plomo fueron más elevados fue el de Refinería, tanto para casos como para controles.

Se determinó que la relación ente los niveles de plomo sanguíneo y urinario no se ajustan a una relación de tipo lineal ( $r=0.4386$ ), aunque si existe una ligera tendencia de los niveles de orina de aumentar con el incremento de los niveles sanguíneos ( $b=0.9570$ ).

Referente al hábito de fumar se determinó que el mismo no tiene efecto sobre los niveles de plomo del organismo, ya sea debido a que existen buenas condiciones de higiene entre el personal o bien porque la cantidad de TEL, contenido en la gasolina etilada, que se pueda absorber por este mecanismo es insignificante.

En base a estos hallazgos se concluye que: **1.** el TEL contenido en la gasolina no representa un riesgo de intoxicación importante para los traba-

adores expuestos a los vapores de la gasolina. **2.** los trabajadores que residen en Limón (casos y controles), tienen niveles de plomo mayores que los que residen en otras regiones del país. Para dilucidar la razón de esta diferencia se plantearán futuras investigaciones. **3.** si bien los niveles de plomo encontrados están lejos de representar un riesgo para la salud de los trabajadores, se determinó que los trabajadores de Proceso, presentan niveles mayores que los trabajadores de otras ocupaciones, aun por grado de exposición.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Waldron T. Lead. In: Lectures notes in occupational medicine. Edit. Blackwell, London, 1985.
2. Kehoe, R. Lead alkyl compounds. In: Encyclopaedia of occupational health. Edit. ILO, Geneva, 1985: 1197-1199.
3. Gethin, J; Oxley, R. Preventive measures in occupational setting. In: Biological effects of organolead compound, 243-258.
4. Carpenter, CP; Henson, EV et al. Tetraethyllead (TEL). Hygienic guide series, July-August, 1963.
5. Perovska, I; Pichova, J. Estudio crítico de diversos modos de expresar los niveles urinarios de plomo y ácido delta aminolevulinico en el medio hospitalario y en la práctica ambulatoria. Notas y Doc. Prev. de Riesgos Prof. 1974; 83:33-37.
6. Waldron, HA. El umbral del plomo en sangre. Notad y Doc. Prev. de Riesgos Prof. 1975; 99:29-31.
7. Annest, JL; Pickle, JL et al. Chronological trend in blood lead levels between 1976-1980. New Eng. J. MMed. 1983; 23:1373-1377.
8. Zinterhofer, LJ; Jattow, PI; Fappiano, A. Atomic absorption determination of lead blood and urine in the presence of EDTA. J. Lab. Clin. Med. 1971, 78:664.
9. Kehoe, PA; Cholak, J. et al. Potential hazards of exposure to lead. Arch. Environ Health. 1963, 6:239-254.
10. Kehoe, RA. Cholak, J. et al. Potential hazards of exposure to lead. Arch. Environ. Health. 1963, 6:255-272.
11. Goldwater, LJ; et al. Un estudio internacional sobre los niveles "normales" de plomo en sangre y orina. Arch. Environ. Health 1967, 15(7):64.
12. Sánchez, MI. Niveles de plomo sanguíneo en población expuesta de C.R. En publicación. 1987.
13. Balok, RW. Diagnóstico en el laboratorio de la absorción aumentada de plomo. Notas y Doc. Prev. de Riesgos Prof. 1977, 124:7-18.
14. Turlackiewicz, Z; Chmielnicka, J. Diethyllead as an specific indicator of occupational exposure to tetraethyllead. Brit. J. Ind. Med. 1985, 42:682-685.

#### AGRADECIMIENTO.

Se desea expresar la más sincera gratitud a todos los trabajadores de la Refinadora Costarricense de Petróleo que participaron, proporcionando las muestras de sangre y orina, haciendo posible esta investigación.

También se agradece a la Coordinación de los Servicios Médicos, a la Jefatura del Departamento de Relaciones Laborales y a todo el personal de los Centros Médicos de la Empresa, por la invaluable colaboración prestada en el presente estudio.