

# Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

www.renhyd.org



ORIGINAL

## Valoración nutricional como complemento de los estudios en población expuesta a agentes oxidantes

María Gimena Galán<sup>a,b,\*</sup>, Melina Erben<sup>a,b</sup>, María Fernanda Simoniello<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

<sup>b</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

<sup>c</sup> Cátedra de Toxicología, Farmacología y Bioquímica Legal, Facultad de Bioquímica y Cs. Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Argentina.

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: gimegalan@hotmail.com (M. G. Galán)

Recibido el 19 de junio de 2013; aceptado 4 de octubre de 2013.

➤ Valoración nutricional como complemento de los estudios en población expuesta a agentes oxidantes

### RESUMEN

**Introducción:** el estrés oxidativo (EO) se relaciona con un desequilibrio entre los sistemas oxidativos y antioxidantes, a favor de los primeros. El aporte de micronutrientes de origen dietario podría proveer de un efecto protector ante la exposición laboral a agentes oxidantes. El objetivo de este trabajo fue determinar si existe relación entre estado nutricional, hábitos higiénico-dietéticos, consumo de macro y micronutrientes y el EO en una población expuesta a agentes oxidantes, en comparación con una población no expuesta.

**Material y métodos:** se estudiaron dos poblaciones de similares características, a excepción de la actividad laboral de una de ellas, constituidas por personas de ambos sexos, de 18 a 30 años de edad. El Grupo Expuesto estuvo constituido por 26 individuos que trabajaban en servicios de fotocopiado. El Grupo no Expuesto por 27 voluntarios que no realizan dicha actividad laboral. Se realizó una encuesta nutricional, dos recordatorios de 24 h, mediciones antropométricas y bioquímicas y determinación de marcadores de EO (Catalasa, relación GSH/GSSG y TBARS).

**Resultados:** los resultados se analizaron mediante estadística multivariada para establecer asociaciones entre variables. Se halló una correlación positiva entre actividad laboral y desbalance oxidativo y entre elevado consumo energético, bajo consumo de alimentos fuente de micronutrientes antioxidantes, sedentarismo, alteración del perfil lipídico y EO; y se encontró una relación positiva entre bajo consumo de energía, perfil lipídico normal y adecuado consumo de frutas y verduras con un estado oxidativo normal.

**Conclusiones:** los resultados muestran que cambios en los hábitos higiénico-dietéticos podrían ofrecer una protección a sujetos expuestos a agentes oxidantes.

### PALABRAS CLAVE

Evaluación nutricional;  
Encuestas nutricionales;  
Encuestas dietéticas;  
Exposición laboral;  
Estrés Oxidativo.

## ➤ Nutritional assessment as a complement to studies in populations exposed to oxidizing agents

### KEYWORDS

Nutrition Assessment;  
Nutrition Surveys;  
Diet Surveys;  
Occupational Exposure;  
Oxidative Stress.

### ABSTRACT

**Introduction:** oxidative stress (OS) is associated with an imbalance between oxidation and antioxidant systems in favor to the former. The micronutrient dietary contribution could provide a protective effect against occupational exposure to oxidizing agents. The aim of this study was to determine the correlation between nutritional status, dietary and hygiene habits, macro and micronutrients intake and OS in a population exposed to oxidizing agents, compared with unexposed population.

**Material and methods:** two populations with similar characteristics were studied, except for the work activity of one of them, constituted for people of both sexes, of 18-30 years old. Exposed Group consisted of 26 individuals working in photocopying and Unexposed Group by 27 volunteers who do not perform such work activity. A nutritional survey, two reminders of 24 hours, anthropometric measurements and biochemical parameters, and a determination of OS markers (Catalase, GSH / GSSG and TBARS) was performed.

**Results:** to establish associations between variables, results were analyzed using multivariate statistics. Results show a positive correlation between work activity and oxidative imbalance and between high energy intake, low antioxidant micronutrients source intake, sedentary, altered lipid profile and OS. A positive relationship between low power intake, normal lipid profile and adequate fruits and vegetables intake with a normal oxidative state was show.

**Conclusions:** Results show that changes in hygiene and dietary habits may provide protection to individuals exposed to oxidizing agents.

## INTRODUCCIÓN

El estrés oxidativo (EO) se relaciona con un desequilibrio entre los sistemas oxidativos y antioxidantes, a favor de los primeros. En la actualidad existen numerosas evidencias científicas de que la cronicidad del EO tiene importante incidencia en el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, tales como la obesidad, la aterogénesis, diabetes, trastornos neurodegenerativos y cáncer<sup>1,2</sup>; también hay evidencia que señala a la dieta como un factor modulador del EO<sup>3</sup>. Otros estudios muestran que terapias antioxidantes y dietas ricas o enriquecidas en antioxidantes, podrían prevenir o al menos disminuir el deterioro funcional orgánico originado por daño oxidativo<sup>4</sup>.

En el mundo actual no sería posible pensar la actividad económica y cultural sin los servicios multifuncionales de fotocopiado y de impresión láser. Las fotocopiadoras y otros equipos electrónicos multifunción se han convertido en elementos imprescindibles. Sin embargo, la exposición humana a los contaminantes potencialmente peligrosos emitidos por este equipamiento todavía no ha sido sistemáticamente evaluada y aún no están bien estudiados sus efectos sobre la salud de los usuarios.

Durante el proceso de fotocopiado se utilizan y generan ciertas sustancias químicas capaces de producir efectos tóxicos

mediante la producción de especies radicalarias altamente reactivas, capaces de causar daño oxidativo a nivel celular. Cuando la célula se encuentra expuesta a un ambiente prooxidante y los mecanismos de defensa antioxidante son superados, se afecta el balance redox y se produce el estrés oxidativo (EO).

La alimentación podría ofrecer protección natural a través del aporte de sustancias antioxidantes, naturalmente presentes en alimentos, como vitaminas y minerales. Por lo tanto, el relevamiento del consumo de alimentos, en particular de aquellos ricos en micronutrientes antioxidantes, permitiría analizar si la alimentación está contribuyendo o no a proteger al trabajador en su actividad laboral. En los estudios de evaluación de la exposición ocupacional a agentes químicos, no es frecuente la valoración conjunta de aspectos nutricionales. Por lo general se evalúan los hábitos del trabajador (como fumar y/o beber) pero no su estado nutricional y/o sus hábitos alimentarios, que son gran determinante de calidad de vida y por lo tanto de rendimiento laboral. Ciertos factores de la dieta podrían protegerlo o perjudicarlo y, en este último caso, producir efectos potenciadores de la acción tóxica de ciertos agentes químicos con los que está en contacto por su actividad laboral<sup>5</sup>.

Los estudios de EO y conductas alimentarias en poblaciones laboralmente expuestas a agentes químicos, hasta el presente, son alentadores pero insuficientes y deberían contribuir

a la mayor interacción disciplinaria entre la Nutrición y la Medicina del Trabajo.

El propósito de esta investigación es determinar si individuos expuestos laboralmente a agentes oxidantes en servicios de fotocopiado, presentan mayor daño oxidativo que individuos no expuestos, con similares características demográficas, y establecer si existe relación entre estado nutricional, hábitos higiénico-dietéticos, consumo de macronutrientes y micronutrientes antioxidantes y el daño oxidativo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Sujetos de estudio:

Se realizó un estudio de tipo transversal durante el ciclo lectivo del año 2009. Se estudiaron dos poblaciones constituidas por personas de ambos sexos, de 18 a 30 años de edad, de la Ciudad Universitaria (CU), de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe (Argentina), que se manifestaron voluntarios mediante un Consentimiento Informado.

El Grupo Expuesto (GE) estuvo constituido por 26 individuos que trabajaban en los servicios de fotocopiado de la CU, en al menos los últimos cuatro meses precedentes a la investigación. El Grupo no Expuesto (GNE) por 27 voluntarios que estudiaban o trabajaban en CU pero que no realizaban dicha actividad laboral. Como criterios de exclusión se consideraron: el estar bajo tratamiento médico por enfermedad prolongada y el realizar actividades docentes y/o de investigación en laboratorios de Química y Cs. Biológicas.

El protocolo de investigación fue sometido a consideración y aprobado por el comité de Ética de la Facultad de Bioquímica y Cs. Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

### Cuestionario:

Se realizó un cuestionario por entrevista personal para recabar información socio-demográfica, ocupacional, clínica y de hábitos alimentarios de los individuos.

### Cuestionario de Frecuencia Alimentaria cualitativo (CFA):

Se utilizó un CFA validado<sup>6</sup> para conocer la frecuencia de consumo de los alimentos por parte de los voluntarios y, de esta forma, evaluar si existía carencia de consumo de algún grupo de alimentos que aporte un nutriente específico, si había excesos o adecuación de la dieta. Además, aportó información acerca de sus hábitos alimentarios. Se prestó especial atención a alimentos fuentes de micronutrientes antioxidantes (frutas y verduras).

### Recordatorio de 24 hs:

Se realizaron dos recordatorios de 24 h (R24) no consecutivos. El recordatorio consistió en indagar a los sujetos respecto a todos los alimentos y bebidas consumidas el día anterior a la entrevista. Utilizando las tablas de composición química de alimentos Aгенfood<sup>7</sup> se determinó el consumo diario de micronutrientes antioxidantes. Se calcularon las ingestas de Vitaminas (A, E y C) y minerales Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), utilizando el promedio de ambos recordatorios para que sea representativo de la ingesta actual. Finalmente, el consumo de micronutrientes se comparó con las Ingestas Diarias de Referencia (RDA) para micronutrientes según la edad y sexo del individuo<sup>8</sup>.

### Mediciones antropométricas:

Se realizaron las siguientes mediciones antropométricas: peso, talla, circunferencia de la cintura, circunferencia de la cadera y circunferencia de la muñeca. Para ello se utilizaron los siguientes instrumentos: balanza Roma de pie, precisión 100 g, máximo 150 kg; estadiómetro incorporado a la balanza, precisión 1 mm; cinta métrica Faga® reglamentaria, precisión 1 mm, metálica, inextensible y flexible.

### Obtención de las muestras de sangre:

Se obtuvieron las muestras por punción venosa previo ayuno de 12 h. Se cumplieron las pautas de extracción, rotulado, transporte y refrigeración, tratamiento y disposición de residuos, según normas de bioseguridad vigentes en la legislación nacional<sup>9</sup>. Las muestras para las determinaciones de bioquímica clínica fueron transportadas refrigeradas al laboratorio donde fueron procesadas, en un tiempo no mayor a dos horas de efectuada la extracción.

### Pruebas Bioquímicas:

Empleando un contador hematológico automatizado, CELL-DYN® 1700, se realizaron recuentos de glóbulos rojos (GR), glóbulos blancos (GB), medición de hematocrito (Hto) y dosaje de Hemoglobina (Hb). Se utilizó un Autoanalizador, TARGA® 3000, para determinar: proteínas totales (Pr), albúmina (Alb), glucemia en ayunas (Glu), urea (U), colesterol total (Col), triglicéridos (TG), LDL-Colesterol (LDL) y HDL-Colesterol (HDL).

### Marcadores de Estado Oxidativo:

A una alícuota de la sangre obtenida se le agregó heparina y fue centrifugada a 1000 g por 5 minutos para obtener la separación de los GR. La capa leucocitaria fue removida, los eritrocitos fueron lavados tres veces con solución salina (NaCl 9,0 g/l<sup>-1</sup>).

Para determinar la actividad de Catalasa, los GR lavados fueron hemolizados con agua desmineralizada fría (dilución 1:100). Se utilizó el método de Aebi<sup>10</sup> basado en la descomposición de  $H_2O_2$ , en el que una unidad de Catalasa es definida como la cantidad de enzima que cataliza la descomposición de 1  $\mu M$  de  $H_2O_2$  por minuto a 25 °C y pH 7. Se referenció al contenido de Hb de la muestra:  $kU\ g^{-1}\ Hb$ .

Se determinó el índice de lípido peroxidación utilizando el ensayo de TBARS<sup>11</sup>, en los eritrocitos lisados con agua desmineralizada fría (1:4). El método está basado en la reactividad del ácido tiobarbitúrico (TBA) con el Malonildialdehído (MDA), lo que genera un cromógeno MDA:TBA de color rosa. La concentración de TBARS fue calculada usando el coeficiente de extinción  $1.56 \times 10^5\ M^{-1}cm^{-1}$ , y expresada como  $nmol\ g^{-1}\ Hb$ .

La Relación GSH/GSSG se determinó en los eritrocitos lavados, que posteriormente fueron tratados con Ácido tricloroacético (TCA) y centrifugados a 10000 g. Una alícuota del sobrenadante se usó para determinar GSH<sup>12</sup> y se expresó como  $\mu mol\ GSH\ mg^{-1}\ Hb$ . Otra alícuota del sobrenadante se utilizó para determinar GSH+GSSG. La técnica emplea Glutación Reductasa para desplazar la reacción de reducción hacia la formación de GSH en forma prácticamente total, para luego terminar la acción enzimática por precipitación ácida. Brevemente, el GSSG contenido en la muestra fue reducido por acción de Glutación reductasa y NADPH. Luego de 30 minutos, la reacción fue detenida por agregado de TCA<sup>13</sup>. Los resultados se expresaron como  $\mu mol\ GSSG\ mg^{-1}\ Hb$ . Se calculó la relación GSH/GSSG.

### Análisis Estadístico:

Con el objeto de representar el Universo de estudio de una manera simplificada, y determinar la interdependencia de las variables se utilizó el Análisis Estadístico Multivariado. Para ello se utilizó el software NTSYS pc 2.1 y se construyeron tablas de datos. Para las variables cualitativas se realizó la dicotomización de los datos ( $no=0$  y  $si=1$ ). Para todas las variables, tanto cualitativas como cuantitativas se realizó la matriz de correlación, lo que permitió observar la relación matemática entre las variables. Finalmente se construyó un gráfico que permite visualizar la cercanía de las variables en el espacio, a través de un plano que el Software selecciona como representativo.

### Operacionalización de las variables:

Debido al gran número y diversidad de variables utilizadas se detalla a continuación los criterios que se adoptaron para la construcción de las variables cualitativas:

1. Exposición (GE/GNE): pertenecen al GE, aquellos individuos que trabajan en los servicios de fotocopiado de CU, de la UNL, Santa Fe (Argentina). Pertenecen al GNE,

aquellos individuos que estudian o trabajan en CU pero no trabajan en los servicios de fotocopiado.

2. Edad ( $\geq 23$  años /  $< 23$  años): a través de la encuesta se indagó la edad en años, luego se consideró la mediana de la edad. Se consideró como mayor de 23 años a aquellos individuos que tenían 23 o más años y menor de 23 años a aquellos individuos que tenían menos de 23 años de edad.
3. Sexo (F/M): el sexo de individuos, femenino o masculino, fue averiguado en la encuesta.
4. Jornada laboral (8 h/4 h): la variable hace referencia a la cantidad de horas diarias que trabaja cada sujeto, de lunes a viernes, solo considerando al GE.
5. Antigüedad laboral ( $> ant$  /  $< ant$ ): la variable sólo fue considerada para el GE y hace referencia a la antigüedad en el trabajo de fotocopiado. Se obtuvo la mediana del tiempo de antigüedad laboral para separarlo en dos grupos. Se consideró con mayor antigüedad a aquellos sujetos que trabajaron en la actividad durante 25 meses o más y con menor antigüedad a aquellos que trabajaron en la actividad por menos de 25 meses.
6. Ejercicio físico (Ej/noEj): se consideró que realizaban ejercicio físico aquellos individuos que tenían una planificación de esta actividad y que la llevaban a cabo de manera rutinaria, al menos tres veces a la semana, una hora.
7. Consumo de alcohol (Alc/noAlc): se consideró que la persona consumía, si ingería bebidas alcohólicas al menos dos veces a la semana, cualquiera sea la cantidad.
8. Consumo de cigarrillos (Fuma/noFuma): se consideró que la persona fumaba si presentaba un consumo de al menos tres cigarrillos diarios.
9. Consumo energético diario (Eins/Eade/Eexc): para construir esta variable se tuvo en cuenta el consumo de energía del individuo y la energía que ese individuo debería ingerir según las recomendaciones, teniendo en cuenta su edad, sexo y nivel de actividad física. Se consideró un consumo insuficiente cuando el sujeto consumía 200 Kcal por debajo de las recomendaciones o menos y un consumo en exceso cuando superaba en 200 Kcal o más las recomendaciones. El consumo de energía se obtuvo de la fórmula desarrollada realizada a partir de los dos R24. Con estos datos, se obtuvieron los gramos de hidratos de carbono (HC), proteínas (PR) y grasa (GR) que consumió el individuo, utilizando tablas de composición química de alimentos Argenfood<sup>6</sup>; para calcular la energía se utilizaron los factores de Atwater (HC: 4 Kcal/g, PR: 4 Kcal/g, GR: 9 Kcal/g); en el caso de que el individuo hubiera consumido alcohol, las calorías aportadas



**Tabla 1.** Matriz de similaridad referida al GE y GNE

	GE	GNE		GE	GNE
<b>GE</b>	1.0000	0.0000	<b>HCade</b>	0.5283	0.4717
<b>GNE</b>	0.0000	1.0000	<b>HCexc</b>	0.5094	0.4906
<b>F</b>	0.49606	0.5094	<b>HCins</b>	0.4717	0.5283
<b>M</b>	0.5094	0.4906	<b>PRade</b>	0.3585	0.6415
<b>&gt;23</b>	0.3962	0.6038	<b>PRexc</b>	0.5472	0.4528
<b>&lt;23</b>	0.6038	0.3962	<b>PRins</b>	0.6038	0.3962
<b>8hs</b>	0.6226	0.3774	<b>Grade</b>	0.5472	0.4528
<b>4hs</b>	0.8868	0.1132	<b>GRexc</b>	0.4340	0.5660
<b>&gt;ant</b>	0.6792	0.3208	<b>GRins</b>	0.5283	0.4717
<b>&lt;ant</b>	0.8302	0.1698	<b>PESOade</b>	0.4151	0.5849
<b>fuma</b>	0.6038	0.3962	<b>PESOexc</b>	0.5849	0.4151
<b>noFuma</b>	0.3962	0.6038	<b>RCard</b>	0.5660	0.4340
<b>Alc</b>	0.4906	0.5094	<b>LPalt</b>	0.6038	0.3962
<b>noAlc</b>	0.5094	0.4906	<b>LPnor</b>	0.3962	0.6038
<b>Ej</b>	0.2642	0.7358	<b>AFadec</b>	0.4340	0.5660
<b>noEj</b>	0.7358	0.2642	<b>AFreg</b>	0.4528	0.5472
<b>Eade</b>	0.5094	0.4906	<b>AFmalo</b>	0.6226	0.3774
<b>Eexce</b>	0.5472	0.4528	<b>Estrés</b>	0.6038	0.3962
<b>Eins</b>	0.4528	0.5472	<b>noEstrés</b>	0.3962	0.6038

**GE:** grupo expuesto. **GNE:** grupo no expuesto. **F:** femenino. **M:** masculino. **>23:** mayor de 23 años de edad. **<23:** menor a 23 años de edad. **8 h:** número de horas laborales diarias (sólo para GE). **4h:** número de horas laborales diarias (sólo para GE). **>ant:** antigüedad en el trabajo de fotocopiado superior a 25 meses (sólo para GE). **<ant:** antigüedad en el trabajo de fotocopiado inferior a 25 meses (sólo para GE). **fuma:** fumador. **noFuma:** no fumador. **Alc:** ingesta de bebidas alcohólicas. **noAlc:** no ingesta de bebidas alcohólicas. **Ej:** realización de ejercicio físico. **noEj:** no realización de ejercicio físico. **Eade:** consumo energético adecuado. **Eexce:** consumo energético excesivo. **Eins:** consumo energético insuficiente. **HCade:** consumo porcentual de HC adecuado. **HCexc:** consumo porcentual de HC en exceso. **HCins:** consumo porcentual de HC insuficiente. **PRade:** consumo porcentual de proteínas adecuado. **PRexc:** consumo porcentual de proteínas en exceso. **PRins:** consumo porcentual de proteínas insuficiente. **Grade:** consumo porcentual de grasa adecuado. **GRexc:** consumo porcentual de grasa en exceso. **GRins:** consumo porcentual de grasa insuficiente. **PESOade:** peso corporal normal. **PESOexc:** sobrepeso de grado I y II. **RCard:** riesgo cardiovascular aumentado. **LPalt:** perfil lipídico alterado. **LPnor:** perfil lipídico normal. **AFadec:** consumo de alimentos fuente de micronutrientes antioxidantes adecuado. **AFreg:** consumo de alimentos fuente de micronutrientes antioxidantes regular. **AFmalo:** consumo de alimentos fuente de micronutrientes antioxidantes malo. **Estrés:** marcadores de EO alterados. **noEstrés:** marcadores de EO normales.

El GE se observa correlacionado en este plano con las variables AFmalo, noEj, 4hs, <ant, LPalt y Estrés. Esta agrupación de variables podría caracterizar al GE, como aquel en el que la mayoría trabaja 4 horas diarias, tiene poca antigüedad laboral, consumen pocos alimentos fuentes de micronutrientes antioxidantes, no realizan ejercicio físico, tienen el perfil lipídico alterado y se correlacionan más que el otro grupo evaluado con marcadores de EO alterados.

El GNE se observa con correlaciones, aunque menos marcadas, con Ej, LPnor, noEstrés, Eins. Asumiendo nuevamente que estas variables podrían caracterizar a este grupo, se

podría decir que son aquellos que realizan ejercicio físico, tienen el perfil lipídico normal, un consumo energético insuficiente y presentan menos EO.

Siguiendo con la agrupación de variables se observa a Estrés con una estrecha relación con LPalt, AFmalo, Eexce, y F. De esta manera se podría decir que el grupo de sujetos con marcadores de EO alterados en su mayoría tienen un perfil lipídico alterado, un mal consumo de alimentos fuentes de micronutrientes antioxidantes, consumen energía en exceso y son en su mayoría del sexo femenino.



Por otro lado se observa la variable *noEstrés* con una íntima relación con *LPnor*, *Eins*, *AFreg*, *AFade*, *HCade* y *M*. Así se podría decir que el grupo de sujetos con marcadores de EO normales en su mayoría presentan un perfil lipídico normal, tienen un consumo energético insuficiente, un consumo de alimentos fuente de micronutrientes antioxidantes regular y adecuado, un consumo porcentual de HC adecuado y son en su mayoría del sexo masculino.

En la Figura 2 se pueden observar las variables cuantitativas de bioquímica clínica, marcadores de EO, edad y exposición.

En este plano se puede visualizar al *GE* correlacionado con las variables *GSH*, *TB*, *Alb*, *GB* y *CAT*. De esta manera se podría decir que este grupo presenta mayor EO, mayores niveles de albúmina y recuento de glóbulos blancos.

Por otro lado el *GNE*, se halla relativamente cercano a las variables *HDL* y *E*. Así se podría decir que este grupo presenta valores más elevados de HDL-Colesterol y mayor edad.

En la Figura 3 se pueden observar las variables de consumo de micronutrientes antioxidantes y marcadores de EO. Pudiéndose ver nuevamente la relación entre *GE* y *TB*, *CAT* y *GSH*, lo que estaría indicando que este grupo presenta mayor EO. El *GNE* no se encuentra próximo a ninguna de estas variables, por lo que se puede inferir que presenta menos EO. En cuanto a los micronutrientes antioxidantes, se observa

que presentan una clara correlación entre sí, pero no se encuentran cercanos a ninguno de los grupos poblacionales estudiados

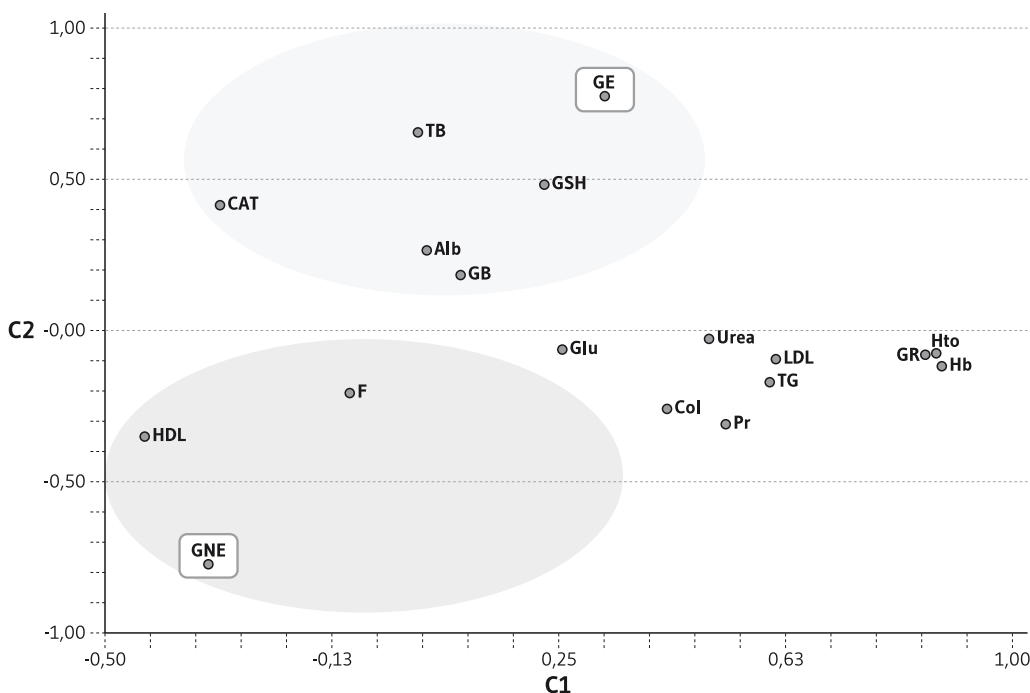
## DISCUSIÓN

En este estudio se analizaron dos poblaciones de características muy similares, a excepción de la actividad laboral de una de ellas.

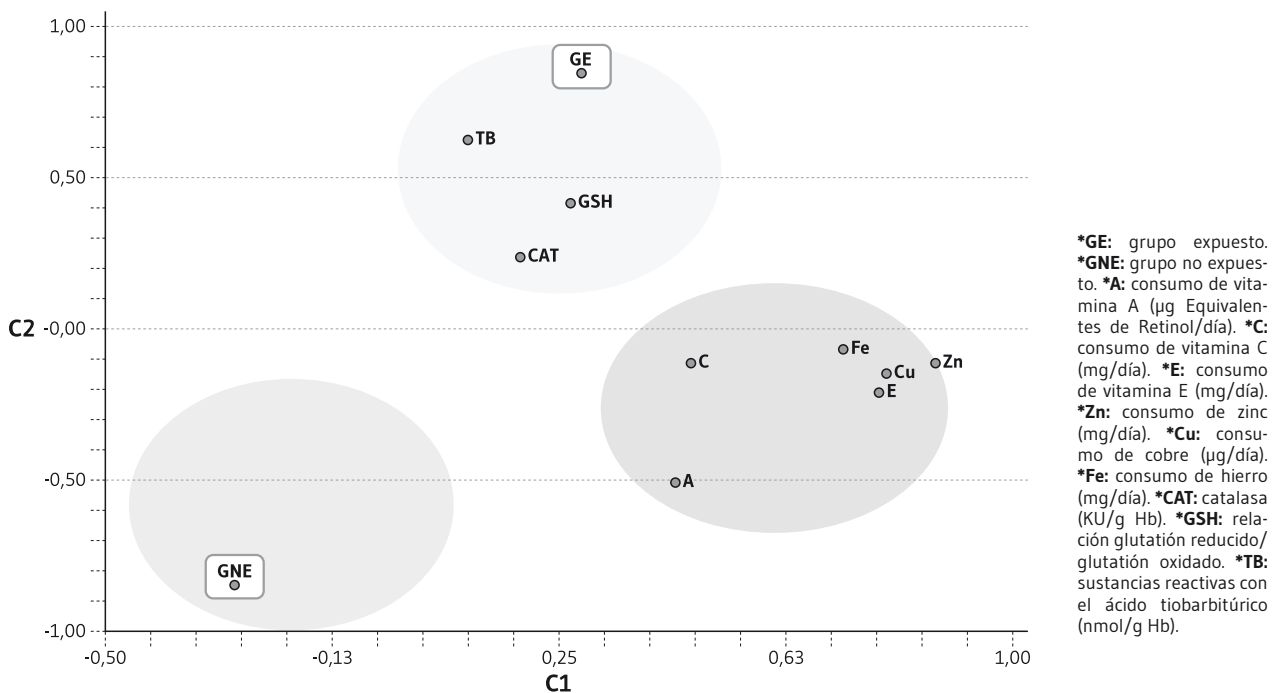
En ambas poblaciones se evaluaron los parámetros de EO que pudieran ser afectados tanto por hábitos higiénico-dietéticos y estado nutricional como por la actividad laboral específica. Puesto que se trabajó con una gran cantidad de variables fue necesario aplicar el análisis estadístico multivariado, el cual permitió establecer numerosas asociaciones.

En relación al consumo energético, a través de la matriz de similaridad del análisis multivariado, se puede ver una cierta relación entre EO y consumo energético por encima de las recomendaciones ( $s=0,45$ ), y estado oxidativo normal y consumo energético por debajo de las recomendaciones ( $s=0,55$ ). Estos resultados coinciden con numerosos estudios donde se relaciona la restricción calórica con la modulación del EO (16-18) y el consumo excesivo de energía con el EO<sup>19</sup>.

**Figura 2.** Análisis multivariado de variables cuantitativas de bioquímica clínica, marcadores de EO, edad y exposición.



**Figura 3.** Análisis multivariado de variables cuantitativas de consumo de micronutrientes antioxidantes y marcadores de EO.



Se observó una relación entre EO y consumo insuficiente de HC. Este resultado puede ser explicado por el hecho de que estamos evaluando un consumo porcentual de macronutrientes, por lo que si uno disminuye es porque otro está aumentado. En este caso se observó que los sujetos con un consumo porcentual de HC insuficiente presentaban un consumo porcentual de grasa excesivo, lo que podría explicar que presentaran mayor alteración de los marcadores de EO. Aunque no se hallaron estudios que demuestren una relación entre una dieta baja en HC y una protección frente al EO, si se encontraron investigaciones que demuestran una correlación entre una dieta con un Índice Glucémico (IG) alto y EO<sup>20</sup>. Los sujetos del presente estudio si bien presentaban un bajo consumo porcentual de HC, este era de muy alto IG, por lo que podríamos inferir que este hecho puede estar relacionado a la alteración de dichos marcadores.

Se halló una relación entre el consumo porcentual de grasas y EO. No se han encontrado estudios en los que exista una relación directa entre alteración de marcadores de EO y consumo excesivo de grasas, pero sí se ha descrito que una dieta baja en grasas mejora los niveles de los marcadores de EO en personas obesas<sup>21</sup> y que una dieta hipercalórica favorece la alteración de los marcadores de EO<sup>19</sup>.

En cuanto al consumo de micronutrientes antioxidantes, no se pudo observar una correlación con ninguno de los dos

grupos de estudio. Esto posiblemente esté relacionado con el método aplicado para el cálculo del consumo de micronutrientes, ya que los valores que se encuentran en las tablas de composición de los alimentos pueden diferir de los reales, sobre todo en el caso de los alimentos que son fuente de micronutrientes (frutas y verduras) los cuales se ven afectados por numerosos factores tales como: tiempo transcurrido desde que se cosechan hasta su consumo, forma de preparación de los alimentos y presencia de plaguicidas<sup>22</sup>. También influyen factores como la absorción y biodisponibilidad de cada individuo<sup>23,24</sup>. Algunos autores han investigado el efecto de la suplementación de mezclas de vitaminas y/o minerales, describiendo efectos favorables sobre los niveles de los marcadores de EO<sup>25-28</sup>. Por otra parte, los efectos de la suplementación de vitaminas y/o minerales sobre los marcadores de EO aún no son concluyentes y todavía no es posible definir la dosis y/o tiempo de suplementación con los que se logra mejores efectos antioxidantes<sup>16</sup>.

En cuanto al consumo de alimentos fuente de micronutrientes antioxidantes se puede observar la relación entre un consumo adecuado y EO normal, y entre un inadecuado consumo de los mismos y EO. Estos resultados son similares a los obtenidos por Cuevas González<sup>29</sup>, quien describió que los hábitos dietéticos relacionados con el consumo de frutas y verduras ayudan a normalizar los marcadores alterados de EO.



Mediante la matriz de similaridad de datos, no se encuentra una clara relación entre EO y tabaquismo, debido posiblemente al bajo número de sujetos fumadores. En un estudio realizado por Fernández González y col.<sup>30</sup>, encontraron una estrecha relación entre tabaquismo y EO, y describieron valores alterados de TBARS y CAT en sujetos fumadores. Rodríguez Perón y col.<sup>19</sup>, señalan que los componentes del tabaco provocan un aumento de RL y por tanto daño oxidativo.

De manera similar al caso anterior, se encontraron pocos sujetos que consumían alcohol en ambos grupos estudiados. En un estudio realizado por Lebreo Alvarez y col.<sup>31</sup>, en conejos, hallaron que el consumo crónico de alcohol, aunque en dosis moderadas, perturba el sistema antioxidante. Por otro lado, Defeng y Cederbaum<sup>32</sup> describen que el consumo de alcohol altera los niveles de ciertos metales en el cuerpo facilitando la producción de RL y reduciendo los niveles de agentes que pueden eliminarlos.

En cuanto al sedentarismo, se pudo observar una relación con EO ( $s=0,6$ ) y entre EO normal y realización de ejercicio físico. Estos resultados coinciden con numerosas investigaciones que concluyeron que el ejercicio físico moderado es una intervención beneficiosa para el EO<sup>33</sup>.

No se pudo observar una relación entre el riesgo cardiovascular aumentado y el EO en la población estudiada, lo que puede deberse a que se evaluó este parámetro teniendo en cuenta únicamente la circunferencia de la cintura, pero es sabido que el mismo está asociado además a factores como: perfil lipídico alterado, tabaquismo, sedentarismo, sobrepeso, etc., y que como vimos, también están presentes en esta población. Martínez Abundis y col.<sup>34</sup> hallaron una relación entre hipertensión arterial y aterosclerosis, ambos factores de riesgo cardiovascular, y EO. Por otro lado Cuevas González<sup>29</sup> encontró una correlación entre alteración de los lípidos sanguíneos y EO.

Respecto al perfil lipídico se pudo observar una clara relación entre EO y alteración del mismo y entre EO normal y ausencia de alteración del perfil lipídico. Estos resultados coinciden con los hallados por Cuevas González<sup>29</sup> en un estudio donde describe que los lípidos sanguíneos alterados presentan una buena relación con el EO.

No se pudo establecer una clara relación entre la antigüedad laboral y el número de horas de la jornada. Estos parámetros no se encuentran relacionados a EO, pero sí a GE. Esto posiblemente se debe a que la mayoría de los sujetos trabajan 4 h diarias y poseen una antigüedad en su trabajo menor a 23 meses.

Se observó una clara relación entre pertenecer al GE y EO, y a su vez entre GNE y EO normal (Figura 1), y por otro lado se pudo relacionar al GE con todos los marcadores de EO (Figura 2 y 3). En dos estudios realizados por Zhou y col.<sup>35,36</sup>

sobre una población de 80 operarios de fotocopiadora, se hallaron valores de TBARS y de CAT alterados. Por otro lado, no hay estudios donde se haya analizado la relación GSH/GSSG en fotocopiadores, pero otras investigaciones realizadas en diferentes grupos muestran una disminución de esta relación cuando se ingresa al estado de EO<sup>37</sup>.

En todos los puntos descritos anteriormente se puede ver que ambas poblaciones se comportan de manera similar frente a las variables estudiadas y su repercusión sobre el EO, dándose en general de forma más marcada en el GE. A partir de ello, podríamos inferir que se debería a la exposición ocupacional.

La confrontación de los resultados de dos poblaciones similares, para evaluar en una de ellas el posible daño oxidativo por sustancias generadas en proceso de fotocopiado (ozono, carbón black, compuestos orgánicos volátiles, partículas...) indica que la población expuesta sufre mayor EO. Estos hallazgos incentivan a proseguir futuras evaluaciones de Toxicología Laboral, considerando las variables nutricionales como marcadores fundamentales y que además caracterizan los hábitos de cada región.

## CONCLUSIONES

A partir de la presente investigación podemos decir que existiría asociación entre exposición a sustancias emitidas durante el proceso de fotocopiado y EO en la población expuesta estudiada, aún siendo joven y con escasa frecuencia y antigüedad en la actividad.

También encontramos que, el consumo energético por encima de las recomendaciones, el bajo consumo de alimentos fuente de micronutrientes antioxidantes, el sedentarismo físico y la alteración del perfil lipídico, se relacionarían de manera positiva con el EO en nuestro grupo de estudio, sugiriendo que estos factores podrían favorecer el daño oxidativo.

En contraste, el consumo de energía por debajo de las recomendaciones, la ausencia de alteración del perfil lipídico y el consumo adecuado de frutas y verduras presentan una relación inversa con el EO en nuestro grupo de estudio. Lo que indicaría que cambios en los hábitos alimentarios ofrecerían mayor protección frente al daño oxidativo.

Los resultados alcanzados indican que serían de gran utilidad futuros estudios prospectivos en poblaciones expuestas, más numerosas, a sustancias de fotocopiado para apoyar estos resultados.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses al redactar el manuscrito

## BIBLIOGRAFÍA

- Furukawa S, Fujita T, Shimabukuro M, Iwaki M, Yamada Y, Nakajima Y, et al. Increase oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *J Clin Invest.* 2007; 114(12): 1752-61.
- Mayne ST. Antioxidant nutrients y chronic disease: use of biomarkers of exposure and oxidative stress status in epidemiologic research. *J Nutr.* 2003; 133 (Suppl 3): 933S-40S.
- Tepel M, Van der Giet M, Schwarzfeld C, Laufer U, Liermann D, Zidek W. Prevention of radiographic contrast agent induced reductions in renal function by acetylcysteine. *N Engl J Med.* 2000; 343(3): 180-4.
- De las Heras G, García de la Paz A, Fernández MD, Fernández Foncelledo JL. Use of antioxidants to treat pain in chronic pancreatitis. *Rev Esp Enferm Dig.* 2000; 92(6): 375-85.
- Messite J, Warshaw LJ. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Protección y promoción de la Salud, Programas de Nutrición en el Lugar de trabajo. Chantal Dufresne, BA. Madrid, 2001.
- Lee R, Nieman DC. 2007. Nutritional Assessment: Measuring Diet. Ed. L Meyers. 4 ed. New York. McGraw-Hill. p. 33-89.
- Argenfood. Tabla de Composición de Alimentos. Acceso: mayo de 2013. Disponible en: <http://www.unlu.edu.ar/~argenfood/Tablas/Tabla.htm>.
- Suárez MM, López LB. Alimentación saludable: guía práctica para su realización. Hipocrático S.A. Buenos Aires, 2009.
- Resolución 145/03 del Ministerio de Salud de la Nación, Reglamento General para el transporte de mercancías peligrosas por carretera y la Norma IRAM 80058-1.
- Aebi HE. Catalase in vitro. *Meth Enzymol.* 1984; 105: 121-6.
- Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. *Meth Enzymol.* 1978; 52: 302-10.
- Ellman GL. Tissue sulfhydryl groups. *Arch Biochem Biophys.* 1959; 82(1): 70-7.
- Venturino A, Anguiano OL, Gauna L, Cocca C, Bergoc RM, Pechen de D'Angelo AM. Thiols and polyamines in the potentiation of malathion toxicity in larval stages of the toad *Bufo arenarum*. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol.* 2001; 130(2): 191-8.
- OMS 2003: OMS, Informe Técnico 916, Dieta, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas 2003. Disponible en: <ftp://fa0.org/docrep/fao/006/ac911s/ac911s00.pdf>. [Consultado 14 de agosto de 2009].
- Torresani ME, Somoza MI. Lineamientos para el cuidado nutricional. 2º ed. Eudeba. Buenos Aires, 2003.
- Barbosa KBF, Bressan J, Zulet MA, Martínez JA. Influencia de la dieta sobre marcadores plasmáticos de estrés oxidativo en humanos. *An Sist Sanit Navar.* 2008; 31: 259-280.
- Hyun DH, Emerson SS, Jo DG, Mattson MP, de Cabo R. Calorie restriction up-regulates the plasma membrane redox system in brain cells and suppresses oxidative stress during aging. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2006; 103 (52): 19908-12.
- Crujeiras AB, Parra D, Abete I, Martínez JA. A hypocaloric diet enriched in legumes specifically mitigates lipid peroxidation in obese subjects. *Free Radic Res* 2007; 41(4): 498-506.
- Rodríguez Perón JM, Menéndez López JR, Trujillo López Y. Radicales libres en la biomedicina y estrés oxidativo. *Rev Cubana Med Milit.* 2001; 30 (1): 36-44.
- Hu Y, Block G, Norkus EP, Morrow JD, Dietrich M, Jhudes M. Relations of glycemic index and glycemic load with plasma oxidative stress markers. *Am J Clin Nutr* 2006; 84(1): 70-6.
- Roberts CK, Barnard RJ, Sindhu RK, Jurczak M, Ehdai A, Vaziri ND. A high-fat, refined-carbohydrate diet induces endothelial dysfunction and oxidant/antioxidant imbalance and depresses NOS protein expression. *J Appl Physiol* (1985). 2005; 98(1): 203-10.
- Espinosa Hernández JA, Cué Brugueras M. Vitaminas y minerales contra el estrés. *Rev Cub Farm.* 2001; 35 (1): 74-78.
- Opara EC. Oxidative stress, micronutrients, diabetes mellitus and its complications. *J R Soc Promot Health.* 2002; 122(1): 28-34.
- Rodrigo R, Guichard C, Charles R. Clinical pharmacology and therapeutic use of antioxidant vitamins. *Fundam Clin Pharmacol.* 2007; 21(2): 111-27.
- Bunout D, Garrido A, Suazo M, Kauffman R, Venegas P, De La Maza P et al. Effects of supplementation with folic acid and antioxidant vitamins on homocysteine levels and LDL oxidation in coronary patients. *Nutrition.* 2000; 16(2): 107-10.
- Actis Goretta L, Carrasquedo F, Fraga CG. The regular supplementation with an antioxidant mixture decreases oxidative stress in healthy humans. Gender effect. *Clin Chim Acta.* 2004; 349(1-2): 97-103.
- Huang HY, Appel LJ, Croft KD, Miller ER, Mori TA, Puddey IB. Effects of vitamin C and vitamin E on in vivo lipid peroxidation: results of a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2002; 76(3): 549-55.
- Dunstan JA, Breckler L, Hale J, Lehmann H, Franklin P, Lyons G et al. Supplementation with vitamins C, E, beta-carotene and selenium has no effect on antioxidant status and immune responses in allergic adults: a randomized controlled trial. *Clin Exp Allergy.* 2007; 37(2): 180-7.
- Cuevas Gonzales S. Análisis de los factores de riesgo cardiovascular en el proceso de envejecimiento y su relación con el estrés oxidativo. Estudio piloto observacional. (Trabajo para optar por el título de Doctor en Cs. Médicas). 2008. Facultad de medicina, departamento de fisiología, universidad de Murcia, España.
- Fernández Gonzáles JL, Delgado Rodríguez AE, García Portela R, Brown Sotolongo C, Pimentel OL, Flores Podadera H. Estrés oxidativo, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y tabaquismo. *Rev Cub Med.* 2002; 41: 3-7.
- Lebreo Alvarez I, Herrera BA, Céspedes M, Pulido S. Variables de estrés oxidativo en conejos tratados con etanol y dieta hipercolesterolémica. *Rev Cub Invest Biomed.* 2003; 22(4): 253-258.
- Wu D, Cederbaum AI. Alcohol, oxidative stress, and free radical damage. *Alcohol Res Health.* 2003; 27 (4): 277-84.
- Aldred S. Oxidative and nitrate changes seen in lipoproteins following exercise. *Atherosclerosis.* 2007; 192(1): 1-8.
- Martínez Abundis E, Sánchez Rodríguez MA, Hafidi Bentlakder ME. Participación de la mitocondria en el desarrollo de estrés oxidativo en la obesidad. *Bioquímica.* 2005; 30(3): 82- 89.
- Zhou JF, Cai D, Tong GZ. Oxidative stress and potential free radical damage associated with photocopying. A rol for ozone?. *Free Radic Res.* 2003; 37(2): 137-43.
- Zhou JF, Chen WW, Tong GZ. Ozone emitted during copying process - a potential cause of pathological oxidative stress and potential oxidative damage in the bodies of operators. *Biomed Environ Sci.* 2003; 16(2): 95-104.
- Cavia M, López Muñoz AM, Hernando B, López AS, García Girón C, Coma MJ. Estado redox celular y cáncer. Influencia sobre el tratamiento con citostáticos. *Rev Electron Biomed.* 2007; 2: 51-55.