

Cuadernos del I.I.E.  
(Instituto de Investigaciones Económicas)

**CASTAÑARES**

ISSN 0327-9111

CUADERNO Nº 17

AÑO IX

Septiembre de 2001

**ENERGIA ELECTRICA Y MEDIO AMBIENTE:  
EL CASO DE LA  
PROVINCIA DE SALTA (1982/97)**

Lidia Rosa Elías



**CASTAÑARES**  
(Cuadernos del I. I. E.)

CUADERNO Nº 17

AÑO IX

Septiembre de 2001

**ENERGIA ELECTRICA Y MEDIO AMBIENTE:  
EL CASO DE LA  
PROVINCIA DE SALTA (1982/97)**

Lidia Rosa Elías\*

---

\* Master en Economía. Profesora de Economía II y Miembro del Instituto de Investigaciones Económicas, Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales, Universidad Nacional de Salta.

**CASTAÑARES**  
(Cuadernos del I. I. E.)

**Comité Editorial:**

Eduardo David Antonelli

Eusebio Cleto del Rey

Juan Carlos Cid

**TAPA:** Diseño: De la Sra. Marta Arancio (Diseño Gráfico, Dirección de Arte y Cultura, Secretaría de Extensión Universitaria, Universidad Nacional de Salta).

**LOGOTIPO:** Fotografía de dos hojas de castaño, realizada por el Sr. Harry Alfredo Hannecke).

**NOTA:** Los datos, ideas y opiniones vertidos en este trabajo pertenecen a la autora. El Instituto de Investigaciones Económicas no se responsabiliza por ellos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS, JURIDICAS Y SOCIALES  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS

Buenos Aires 177

4400 Salta

Argentina

e-mail: [jiecon@unsa.edu.ar](mailto:jiecon@unsa.edu.ar)



# INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>5</b>
<b>PRESENTACION</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Un Análisis Económico del Impacto Ambiental de las Centrales Eléctricas</b> ...	<b>11</b>
2.1. Economía y Medio Ambiente .....	11
2.2. Centrales Eléctricas y Economía Ambiental .....	12
2.2.1. Impacto Ambiental de las Centrales Eléctricas .....	12
<b>3. Descripción del Sector Eléctrico de la Provincia de Salta</b> .....	<b>19</b>
3.1. Producción de Energía Eléctrica .....	19
3.2. Centrales Térmicas Convencionales. Combustibles .....	20
3.3. Modelos de Regresión .....	21
3.3.1. Funciones de Producción .....	22
3.3.2. Resultados Obtenidos .....	25
<b>4. Contaminación de las Centrales Térmicas Convencionales</b> .....	<b>35</b>
4.1. Emisión de las Centrales Térmicas Convencionales de la Provincia de Salta ..	35
4.1.1. Metodología .....	36
4.1.2. Resultados Obtenidos .....	37
<b>5. Un estudio de las Concentraciones de los Contaminantes de la</b> <b>Central Térmica Güemes S.A</b> .....	<b>41</b>
5.1. Modelos de Difusión .....	41
5.2. Cálculo de las Concentraciones de los Contaminantes de la Central Térmica Güemes S.A. ....	43
<b>6. Conclusiones</b> .....	<b>47</b>
<b>Anexo 1: Cuadros Estadísticos</b> .....	<b>49</b>
<b>Anexo 2: Contaminantes y Salud Humana</b> .....	<b>53</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>55</b>



## RESUMEN

En este trabajo se analiza la contaminación del aire provocada por las Centrales Eléctricas Convencionales de la Provincia de Salta en el período 1982-1997. Para ello se realiza: un estudio económico teórico con el enfoque de PEARCE (1976); una descripción del sector eléctrico salteño; un estudio econométrico de formas flexibles y no flexibles de funciones de producción de corto plazo; el cálculo de las emisiones de contaminantes de las Centrales Térmicas mediante los factores de emisión publicados por U.S. Environmental Protection Agency y una estimación de las concentraciones de los contaminantes emitidos por la Central Térmica Güemes S.A. en el año 1997 a través de modelos de difusión para fuentes puntuales.

Clasificación JEL (por orden de importancia): D6, D62, D21



## PRESENTACION

Mis agradecimientos para el Lic. Carlos Luis Rojas y a la Ing. Gloria del Valle Villaflor por sus valiosos comentarios y sugerencias a la versión preliminar e inédita del presente.

Este trabajo fue financiado por el Consejo de Investigaciones y la Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional de Salta.

Me hago completamente responsable de los errores u omisiones que pudiera contener el documento, como así también de las opiniones, ideas y datos vertidos en él.

L.R.E.

Salta, Septiembre de 2001





## 1. Introducción

El empleo generalizado de la energía eléctrica está íntimamente relacionado con el crecimiento y desarrollo de las economías industrializadas desarrolladas y en vías de desarrollo. A pesar que este insumo de la producción tiene la característica de intervenir en casi todos los procesos económicos, las principales actividades asociadas al sector energético provocan impacto ambiental, lo que interactúa con el medio ambiente y puede ocasionar cambios en el bienestar de los seres vivos<sup>1</sup>.

Este estudio se centra en el análisis de la contaminación ambiental, principalmente del aire, provocada por la producción de las centrales térmicas convencionales de la Provincia de Salta en el período 1982-1997. En la Sec. 2 se realiza un análisis económico teórico del problema, según el enfoque desarrollado por PEARCE (1976); en la Sec. 3 se describe el sector eléctrico de Salta y su evolución, estimándose funciones de producción de corto plazo; en la Sec. 4 se analiza la emisión de los contaminantes, de las centrales térmicas de Salta, mediante los factores de emisión publicados por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA); en la Sec. 5 se miden las concentraciones de los contaminantes del aire más importantes, emitidos por la Central Térmica Güemes S.A., mediante modelos de difusión para fuentes puntuales, y en la Sec. 6 se elaboran las conclusiones de este trabajo.

---

<sup>1</sup>En los últimos años se ha intensificado la preocupación por los efectos que tiene sobre la salud y el bienestar de los seres vivos la producción de bienes y servicios que provocan impacto en el medio ambiente.



## 2. Un Análisis Económico del Impacto Ambiental de las Centrales Eléctricas

El propósito de esta sección es realizar un análisis económico del impacto ambiental de las centrales eléctricas. Para ello se considera el enfoque económico desarrollado por PEARCE (1976), pero en lugar de considerar toda la actividad económica, se estudia el sector eléctrico separándolo del resto de los sectores económicos. A pesar de tratar de simplificar el análisis, se observará a lo largo del estudio la complejidad que encierra ya que debemos realizar supuestos, que tal vez sean demasiados, en el afán de poder llevar a cabo este estudio.

La terminología usada, de otras ciencias, se explica en las notas de pie de página correspondiente.

### 2.1. Economía y Medio Ambiente<sup>2</sup>

Las funciones y los servicios del medio ambiente, que interesan para realizar un análisis económico, son (PEARCE, 1976):

a) El abastecimiento de recursos naturales, como bienes intermedios, que son usados para producir bienes económicos.

b) La provisión de bienes naturales como bienes finales.

c) El suministro de lugares, con ciertas características de degradación, en donde se depositen los residuos inevitables, y muchas veces socialmente no deseables, de la actividad económica.

Al tenerlos en cuenta el estudio del ambiente puede incluirse dentro de la economía del bienestar específicamente el de la economía ambiental. Si se incluyese otra función y servicio del medio ambiente, la del equilibrio ecológico<sup>3</sup>, la economía ambiental se transformaría en una economía ambiental modificada.

La mayoría de los recursos naturales del medio ambiente, que se emplean en la actividad económica, tiene mercado, en cambio los bienes ambientales y los lugares depositarios de los residuos generalmente carecen de él. Existiendo solo precios para los primeros. Los casos de inexistencia de precios no implican ausencia de valor. El uso del medio ambiente tiene un costo alternativo que puede ser mayor que cero. La existencia o no de precios de mercado para algunas funciones y servicios del medio ambiente, que pueden o no ser óptimos, lleva a tratar los problemas ambientales dentro del contexto de la determinación no óptima de los precios, en el marco general de la economía del bienestar y específicamente en el de la economía ambiental.

El enfoque económico de la contaminación se basa esencialmente en la comparación de los beneficios y de los costos sociales que surgen de la actividad económica.

---

<sup>2</sup> A pesar de que existe controversia entre ecologistas y economistas, sobre la forma en que deben considerarse los problemas ecológicos, no es intención de este trabajo el entrar en ella.

<sup>3</sup> Provisión de los medios de vida para todas las especies de seres vivos.

## 2.2. Centrales Eléctricas y Economía Ambiental

Las actividades de la industria eléctrica provocan impacto ambiental, al ocasionar un cambio neto en el bienestar de los seres vivos. Las actividades del sector energético vinculadas con las repercusiones ambientales, como las de producción, de transmisión y de distribución, ocasionan deseconomías externas sobre los ecosistemas<sup>4</sup>.

Durante el proceso productivo de la energía eléctrica las centrales térmicas convencionales son importantes fuentes emisoras de contaminantes, calor, ruido y vibraciones. Los principales contaminantes resultantes, enunciados por orden de importancia, son las emisiones gaseosas y particuladas, los efluentes líquidos y los desechos sólidos que contienen sustancias peligrosas para la salud humana y otros seres vivos.

Las centrales hidroeléctricas pueden provocar modificaciones climáticas, inundaciones, mayores probabilidades de sismos. Además el suelo de las represas puede contaminarse con especies animales que son vectores de enfermedades humanas.

La transmisión y distribución de la energía eléctrica provocan campos electromagnéticos, que alteran los sistemas biológicos. Actualmente se realizan estudios de los efectos que tiene sobre la salud humana la contaminación electromagnética.

### 2.2.1. Impacto Ambiental de las Centrales Eléctricas

Las actividades del sector energético se desarrollan dentro de un marco general de actividades humanas y naturales (climáticas, sísmicas, volcánicas, incendios forestales, etc.), que son el origen de fuentes emisoras de contaminantes importantes. Aunque en las ciudades más densamente pobladas, especialmente las industrializadas, la contaminación proviene principalmente de las actividades económicas humanas.

Esas actividades se realizan en ciertos ecosistemas, donde cada uno de ellos tiene una determinada capacidad para degradar algunos contaminantes ambientales, pudiendo soportar hasta cierto nivel, cambios exógenos sin que se altere su estabilidad<sup>5</sup>. La alteración de la estabilidad de cada ecosistema, por causas humanas y no humanas, puede ocasionar deseconomías externas de distintos alcances y magnitudes a los seres humanos.

Lo dicho anteriormente nos da una noción de lo complejo del estudio del impacto ambiental de las centrales eléctricas ya que no son las únicas fuentes emisoras de contaminantes y además las externalidades que ocasionen pueden depender del efecto combinado de otras fuentes emisoras.

Para iniciar el análisis económico teórico del impacto ambiental, de forma simplificada, partimos de las siguientes ecuaciones<sup>6</sup>:

1)  $C = C(PE) = b PE$ ; donde  $b$  es una constante mayor que cero

<sup>4</sup> Ecosistemas: Sistemas de seres vivos y su relación con el entorno o medio ambiente, caracterizados por cambios continuos al ser alterados por actividades de sus propios componentes o factores externos.

<sup>5</sup> La estabilidad se refiere a la óptima recirculación de materiales y a la capacidad para soportar shocks externos de cada ecosistema.

<sup>6</sup> Se supone linealidad en las funciones, por razones de simplificación.



- 2)  $CF = CF(PE) = a + c PE$  donde  $a$  y  $c$  son constantes mayores o iguales a cero
- 3)  $MA = MA_0$
- 4)  $MA' = MA_0 - CF$

Donde  $C$  es la contaminación provocada por las centrales eléctricas,  $PE$  es la producción de energía eléctrica de las centrales térmicas,  $CF$  es la contaminación de fondo provocada por otras fuentes emisoras y  $MA$  es la capacidad de asimilación de contaminantes que tiene el medio ambiente.

La  $C$  provocada por las centrales térmicas es una función directa de la  $PE$  (ecuación 1)).

Llamamos  $CF$  (ecuación 2)) a aquella contaminación provocada por otras fuentes emisoras, que puede o no haber existido cuando comienza la producción de energía eléctrica ( $a \geq 0$ ), suponemos que la  $CF$  sólo podría aumentar con la actividad económica ( $c \geq 0$ ). Si consideramos a la energía eléctrica como un estimador indirecto del PBI o PBG, según corresponda, podríamos considerar a  $CF$  como una función creciente de  $PE$  (ecuación (2)). Estudios realizados por otros autores (ANTONELLI, 1997; GUISSARRI, 1989) consideran que existe una causalidad directa entre la energía eléctrica y la actividad económica<sup>7</sup>, usándose la primera como una estimación indirecta de la segunda.

Para un espacio y tiempo dado existe un determinado nivel de contaminantes, en unidades físicas, que el ambiente puede asimilar ( $MA_0$ , ecuación 3). Durante el período de asimilación, que no es instantáneo, habrá variaciones en los grados de contaminación. La  $CF$  puede disminuir la capacidad de asimilación del medio ambiente reduciendo su capacidad para recibir shocks externos ( $MA'$ , ecuación 4).

En el Gráfico 2.1 se ilustran las características importantes del proceso de contaminación proveniente de las Centrales Eléctricas, en unidades físicas, considerando tres situaciones.

La primera situación es cuando  $a, c = 0$ <sup>8</sup>, la segunda es cuando  $a > 0$  y  $c = 0$  y la tercera cuando  $a, c > 0$ . Cuando la producción de energía llega a  $PE_0$ , en el primer caso, a  $PE_1$ , en el segundo ó a  $PE_2$ , en el tercero, el medio ambiente no puede recibir más desechos sin provocar alguna externalidad. Cabe observar que cuanto mayor sea la  $CF$  menor será la capacidad de asimilación del medio ambiente y menor será la  $PE$  que ocasione la contaminación máxima que el ambiente pueda degradar. Además que en el último caso se observa que ya existe la posibilidad de llegar a  $PE^*$  que sería una situación de «Apocalipsis»<sup>9</sup>. Estos resultados generan un importante proceso, en el caso de algunos contaminantes, para la toma de decisiones de política económica con respecto a la contaminación provocada por las centrales térmicas y la proveniente de otras actividades.

Ciertos contaminantes y desechos pueden no ser degradados por el medio ambiente y no producir efectos biológicos. Pero si ellos afectan el bienestar de los individuos (daño a

<sup>7</sup> PBG O PBI

<sup>8</sup> Este caso es el analizado en PEARCE, 1976, cuando  $CF$  es igual a cero.

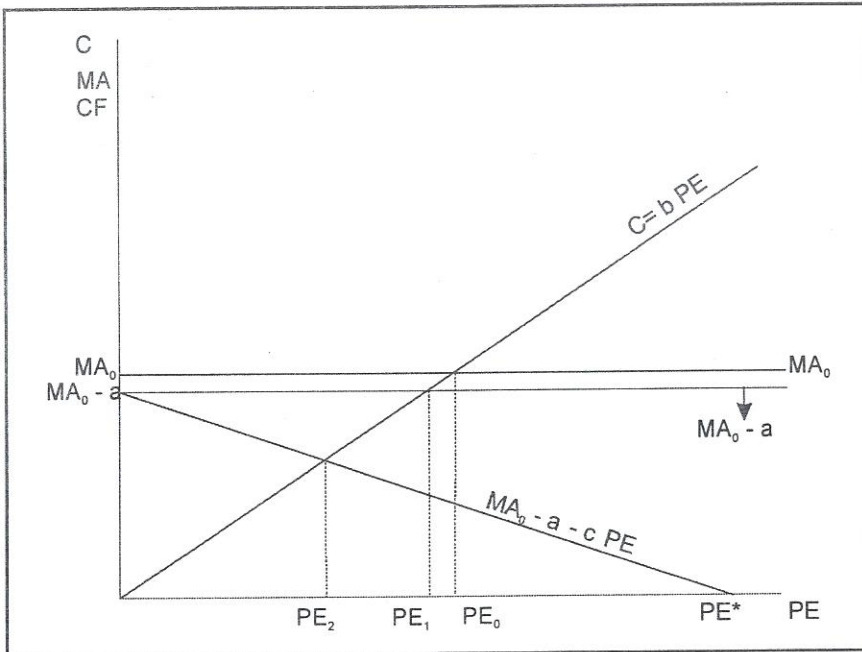
<sup>9</sup> Cuando se supera la capacidad de degradación del medio ambiente no existen leyes biológicas que aseguren la perpetuidad del ser humano dentro de un contexto de cambio autoinducido. El estado de Apocalipsis es cuando el medio ambiente no tiene las condiciones suficientes para sostener las formas de vida conocidas.

bienes arqueológicos y a propiedades privadas, desmejoramiento del paisaje), darán lugar a la existencia de deseconomías externas (efectos económicos ocasionados por pérdidas del patrimonio arqueológico e histórico, por disminución del valor de las propiedades, por deterioro de paisajes para explotación turística). Cuando los desechos no son degradados por el medio ambiente, y tienen efectos tóxicos (enfermedades, muertes, mutaciones), afectarán el bienestar de los individuos provocando efectos económicos (pérdidas de alimentos, disminución del ingreso de los individuos, preocupación de los humanos por afectar otras especies).

Las deseconomías externas pueden estar temporal y geográficamente alejadas de la fuente de contaminación debido a: a) la existencia de distintos factores y vías de dispersión (viento, lluvia, forma del terreno, ríos, cadenas alimentarias, etc.) que junto a los contaminantes emitidos determinarán las concentraciones, para un tiempo y un lugar dado, que pueden o no ser perjudiciales para la salud humana, para los bienes y para los factores de la producción y b) que el efecto nocivo de ciertos contaminantes se nota después de un proceso de acumulación (existen ciertos contaminantes que no son degradados por los seres vivos o que la tasa de acumulación supera a la tasa de eliminación produciéndose una acumulación neta en los organismos).

Gráfico 2.1

Proceso de Contaminación de las Centrales Eléctricas, en Unidades Físicas



Fuente: elaboración propia en base a PEARCE, 1976



Además los efectos externos provocados por las emisiones de alguna fuente pueden depender de la composición de la CF ya que cada contaminante puede actuar solo o combinado con otros produciéndose una interacción (antagónica, aditiva, sinérgica, de potenciación o de neutralización)<sup>10</sup>.

Cuando MA es mayor que cero y menor que infinito, y la contaminación es menor que MA, el medio ambiente los degrada totalmente sin provocar efectos biológicos o económicos en forma permanente. Pero cuando la contaminación es mayor que MA provocará efectos biológicos o económicos en forma permanente dando lugar a la existencia de costos externos.

En el Gráfico 2.2.<sup>11</sup> se muestra cómo se pueden relacionar los costos externos con los componentes físicos del Gráfico 2.1. En la parte inferior se muestran los costos marginales externos asociados a la producción de energía eléctrica. Se consideran PE y CF como variables flujos.

El costo marginal externo,  $Cmg^E PE_i$ <sup>12</sup>,  $i = 0,1,2$ , asociado a los contaminantes emitidos por la producción de energía eléctrica puede comenzar en, o a la derecha de,  $PE_i$ ,  $i = 0,1,2$ . Cuando operamos a la derecha de  $PE_i$ , según corresponda, la contaminación vuelve al sistema menos capaz de soportar más contaminación lo que ocasiona un movimiento descendente (indicado con flechas) de MA (cuya magnitud dependerá de las propiedades físicas de los contaminantes y de la capacidad de degradación del medio ambiente) y un traslado hacia la izquierda de  $Cmg^E PE_i$  (como así también un aumento en su pendiente porque  $MA/PE_i$  se reduce). Si no se ajusta el nivel de producción de energía eléctrica el proceso continuará. Si se ajusta el nivel de producción el proceso dinámico continuará a menos que el nivel de producción se ajuste al  $PE_i$  inicial o al resultante del primer cambio en MA.

Las actividades económicas asociadas con la producción de energía eléctrica están íntimamente ligadas con el estándar de vida de la población. Por lo que también existen beneficios sociales provenientes de ellas.

---

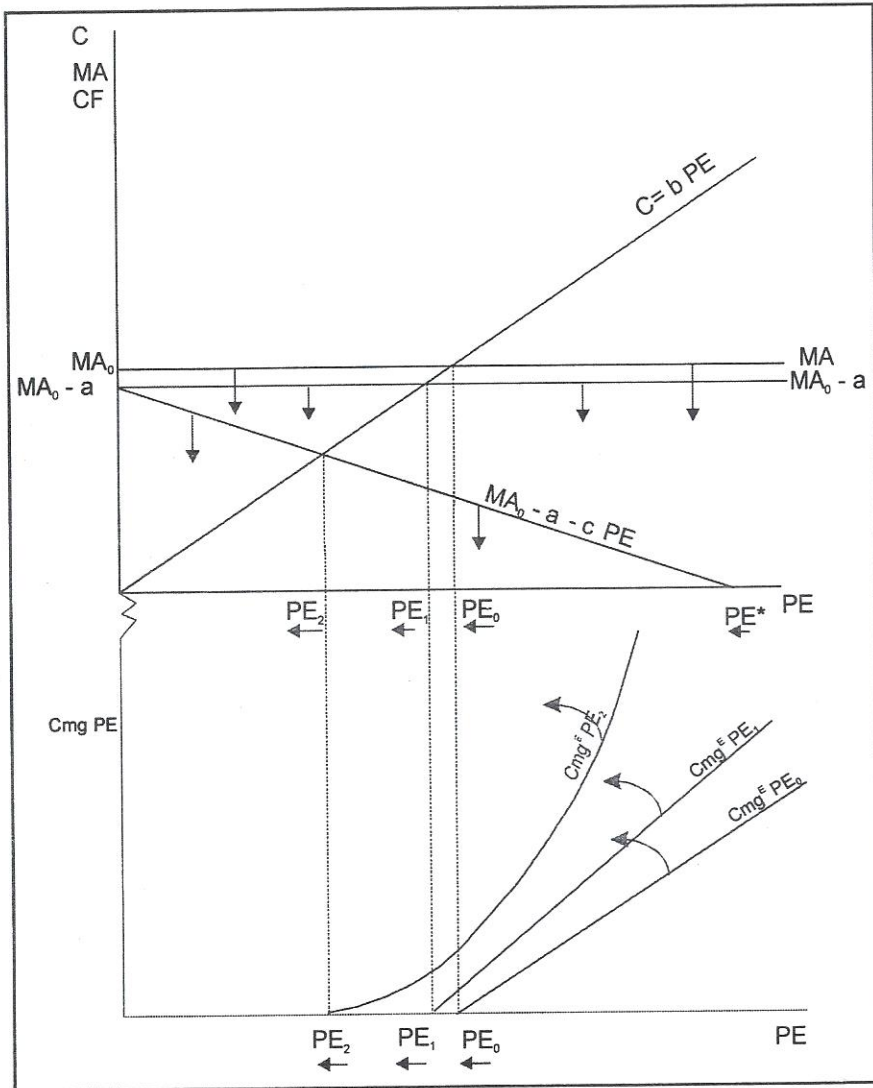
<sup>10</sup> Antagónica: la suma de los efectos combinados de los factores es menor a la suma de cada uno de ellos por separado. Sinérgica: la suma de los efectos combinados de los factores es mayor a la suma de cada uno de ellos por separado. Aditiva: la suma de los efectos combinados de los factores es igual a la suma de cada uno de ellos por separado. Potenciación: uno de los factores no es tóxico pero el otro sí lo es, pero el primero potencia los efectos del segundo. Neutralización: cada factor individualmente es tóxico pero combinados se neutralizan sus efectos.

<sup>11</sup> No se considera el cambio tecnológico. Si lo incluyésemos es de esperar que <sup>33</sup> Monóxido de nitrógeno (NO), óxido nitroso (NO<sub>2</sub>), óxido nítrico (NO<sub>3</sub>).

<sup>12</sup>  $Cmg^E PE_i$  tiene mayor pendiente que  $Cmg^E PE_0$  porque  $MA/PE_0 < MA/PE_1$ .  $Cmg^E PE_2$  tiene pendiente creciente porque  $MA/PE_2$  es decreciente.

Gráfico 2.2

Relación de los Costos Externos y los Componentes Físicos Asociados a la Producción de Energía Eléctrica



Fuente: Elaboración propia en base a PEARCE, 1976

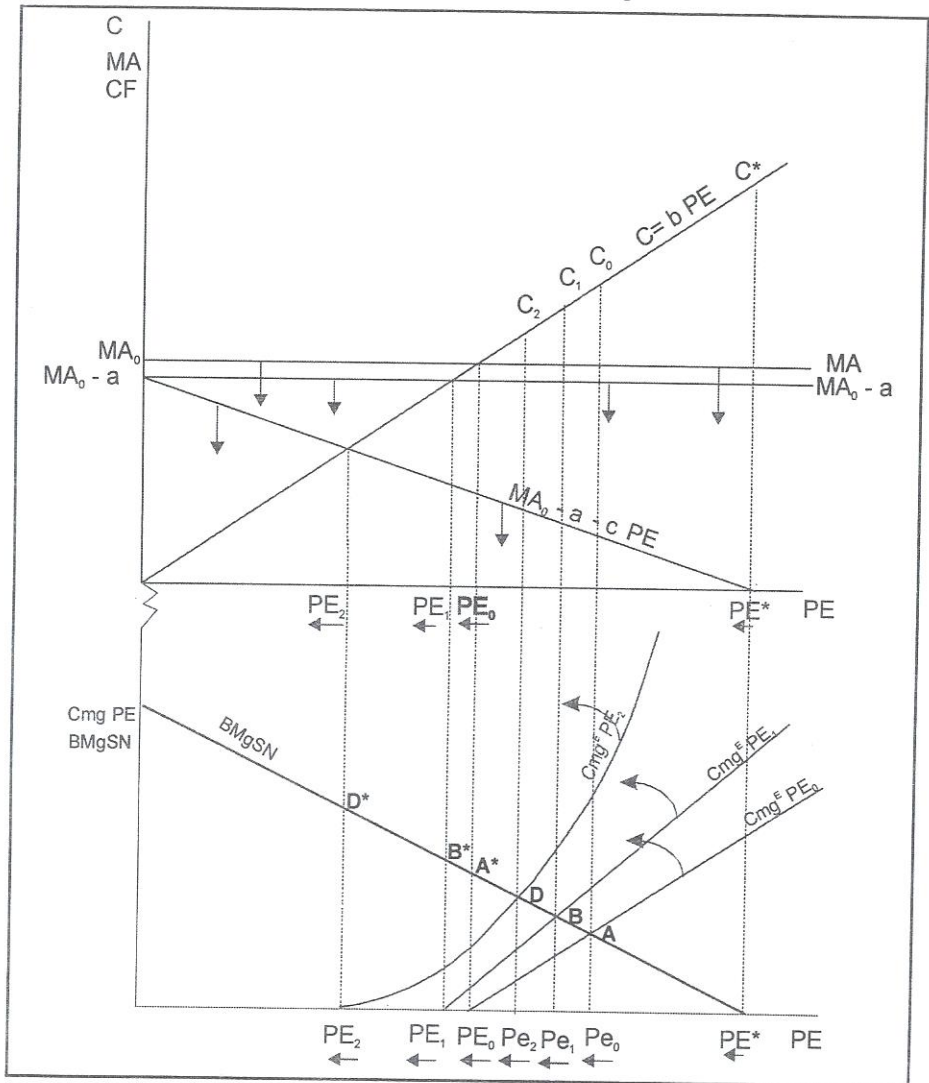
Al incluir (Gráfico 2.3) los beneficios sociales netos (BMgSN), definidos como los beneficios sociales marginales netos de todos los costos privados pero no de los costos externos, podremos analizar resultados importantes para la política económica que genera el proceso dinámico señalado anteriormente.

En el Gráfico 2.3 podemos observar que existen varias soluciones, para uno de los

tres casos: 1)  $a, c = 0$ ; 2)  $a > 0$  y  $c = 0$  y 3)  $a, c > 0$ .

Gráfico 2.3

**Relación de los Beneficios Sociales Netos, Costos Externos y Componentes Físicos Asociados a la Producción de Energía Eléctrica**



Fuente: Elaboración propia en base a Pearce, 1976

Una de ellas, común para los tres casos, surge de la maximización irrestricta del beneficio privado, donde las empresas productoras de energía no tienen en cuenta los costos externos que provocan, llegando a producir hasta  $PE^*$  lo que ocasiona un nivel de contamina-



ción ( $C^*$ ) que supera ampliamente a MA. Por lo que en los dos primeros casos, si el estado no interviene (política económica irrestricta) con alguna política, se inicia el proceso dinámico, sin nada que lo evite hasta que  $MA_i$  ( $i=0,1$ ) coincida con el eje horizontal y  $Cmg^E PE_i$  ( $i=0,1$ ) coincida con el eje vertical llegando al estado de Apocalipsis. Ese estado es alcanzado, en el tercer caso, inmediatamente con la maximización irrestricta del beneficio privado.

La segunda solución surge de considerar la maximización del beneficio social neto, el óptimo social paretiano, para cada caso (A, B o D, según corresponda) en el cual,  $BMgSN = Cmg^E PE_i$  ( $i = 0,1,2$ ). Con lo que el óptimo en el sentido de Pareto estaría dado para una producción de energía eléctrica de  $PE_i$ ,  $i = 0,1,2$ , y las externalidades óptimas serían las dadas por las áreas  $A PE_0 PE_0$ ,  $B PE_1 PE_1$  ó  $D PE_2 PE_2$  correspondientes. Es importante señalar que el óptimo social paretiano, en cada caso, es compatible con un nivel de contaminación ( $C_0$ ,  $C_1$  ó  $C_2$ ) que supera a MA y el proceso dinámico se iniciará, para los tres casos, hasta llegar a la situación de Apocalipsis sin que nada lo impida si la política económica es irrestricta. Este proceso ocurre porque el nivel de producción de energía eléctrica óptimo paretiano es mayor que al correspondiente al nivel ecológico estable. La diferencia es la llamada «brecha ecológica», PEARCE (1976), y cuya existencia implica afectar en forma negativa el desarrollo sustentable, ya que estaríamos comprometiendo a las generaciones futuras, al trasladarles los impactos negativos las induciríamos a tomar decisiones políticas que hagan descender los niveles de producción por debajo de  $PE_i$  ( $i = 0,1,2$ ).

La tercera solución sería considerar la maximización del beneficio social neto sujeta a que la brecha ecológica sea igual a cero. De ello resulta que el nivel de producción de energía compatible con los aspectos ecológicos estables sería  $PE_i$  ( $i = 0,1,2$ ). Esta solución implica pérdidas en los beneficios sociales dados por el área  $PE_0 PE_0 A A^*$ ,  $PE_1 PE_1 B B^*$  o  $PE_2 PE_2 D D^*$ , según corresponda. Se observa claramente que  $PE_0 PE_0 A A^* < PE_1 PE_1 B B^* < PE_2 PE_2 D D^*$ .

Dentro de las tres soluciones posibles<sup>13</sup>, lo razonable es centrar el análisis en las dos últimas. Aceptar la segunda significa admitir el riesgo de supervivencia y aceptar la tercera es tolerar la pérdida de los beneficios sociales. Difícilmente una sociedad se incline por la tercera solución, pero existe una tasa de sustitución entre  $PE_1$  y  $PE_2$  y las decisiones de política económica, basadas en la comparación de los beneficios y de los costos sociales<sup>14</sup>, tendrán que tener como objetivo lograr que el nivel de producción esté entre  $PE_1$  y  $PE_2$  sin superar al último.

La política económica tendrá que contemplar no tan solo al sector energético sino a todas las actividades económicas generadoras de contaminación. En los estudios económicos de costo beneficio será necesaria la estimación monetaria de los costos del control y costo del daño de la contaminación<sup>15</sup>, que no siempre es sencilla y directa.

<sup>13</sup> Si se hubiesen incluido los cambios tecnológicos la brecha ecológica no se hubiese eliminado y los efectos de ellos dependerán del tipo de política social que se adopte.

<sup>14</sup> En PEARCE, 1976, se demuestra que bajo el enfoque costo-beneficio, con análisis dinámico, el nivel de producción óptima será  $PE_0$ .

<sup>15</sup> En PEARCE, 1976, se encuentra una discusión de este tema.

### 3. Descripción del Sector Eléctrico de la Provincia de Salta

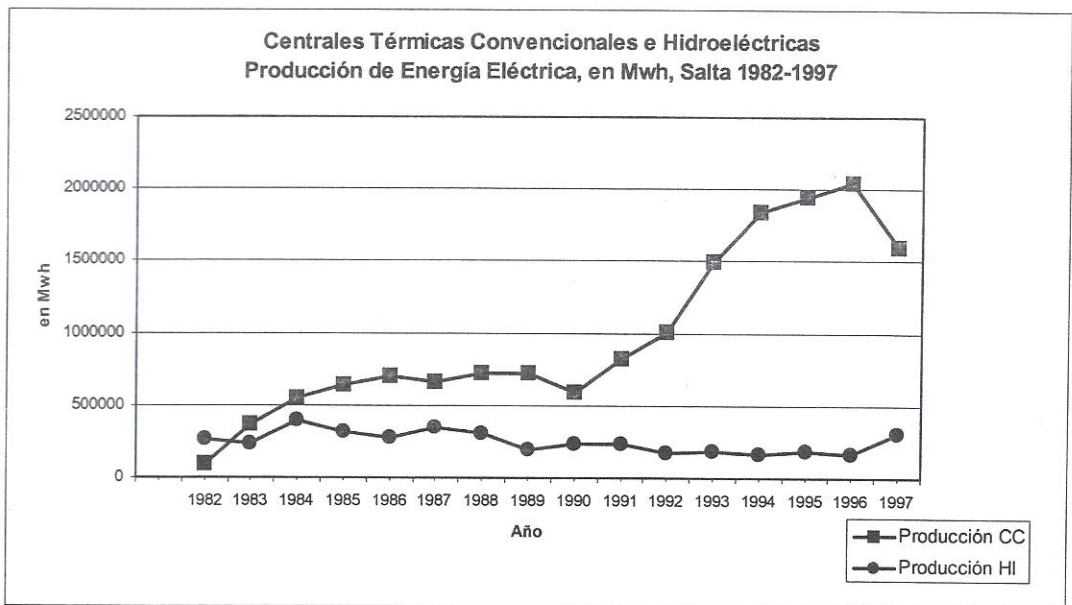
En esta sección se describe la evolución de la producción de energía eléctrica y de los combustibles utilizados por las centrales térmicas convencionales de Salta durante el período 1982-1997. Además se estiman funciones de producción de corto plazo.

#### 3.1. Producción de Energía Eléctrica

En la Provincia de Salta<sup>16</sup> se produce energía eléctrica mediante centrales térmicas convencionales (CC) (turbo gas (TG), turbo vapor (TV) y diesel (DI)) e hidroeléctricas (HI). Empresas municipales y privadas tienen a su cargo la generación eléctrica, siendo las últimas CT Güemes (TV), EDESA S.A. (DI, TG e HI) y H. Juramento (HI).

En el Gráfico N° 3.1.1 se puede observar la evolución de la producción de energía de Salta en el período 1982-1997.

Gráfico N° 3.1.1

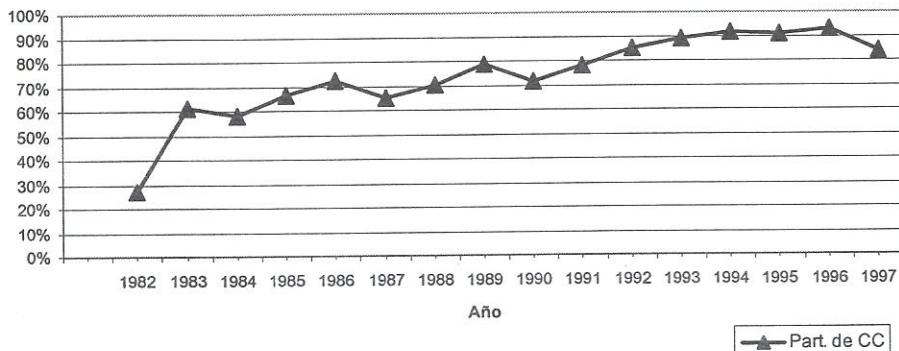


Fuente: Cuadro 1 del Anexo Estadístico

<sup>16</sup> En la provincia existen viviendas que poseen instalaciones para obtener energía eléctrica solar, pero no se cuentan con datos estadísticos para incorporarlas en este estudio.

Gráfico N° 3.1.2

**Centrales Eléctricas de la Provincia de Salta  
Participaciones de la Producción de las CC  
en la Producción Total de Energía Eléctrica, 1982-1997**



Fuente: Cuadro1 del Anexo Estadístico

Desde 1983 la producción de energía eléctrica de las CC aumentó, en el período considerado, en detrimento de la generación de las HI. La participación en la generación total de las CC, que mostró una tendencia en general creciente (Gráfico 3.1.2), era 27% (valor mínimo) en 1982, alcanzó el máximo valor 93% en 1996, finalizando en 1997 con el 84%. Tal fenómeno puede ser explicado por la puesta en marcha y funcionamiento de la CV de CT Güemes.

Dentro de la generación de las CC de Salta la que mostró una mayor y creciente participación fue la TV de Güemes, desde 1983 (72%) hasta 1992 (99%), manteniéndose en 99% hasta 1997 inclusive.

### 3.2. Centrales Térmicas Convencionales. Combustibles.

Las centrales termoeléctricas utilizan, a partir del año 1989, como insumos sólo gasoil (GO) y gas natural (GN). La provincia se caracteriza por no poseer centrales convencionales que utilicen carbón ni nucleares.

Las centrales eléctricas convencionales de la provincia utilizaron diesel oil (D), hasta el año 1988 inclusive, registran solo en el año 1985 consumo de fuel oil (FO) y durante 1982-1997 gas oil y gas natural. Se puede observar del Cuadro 3.2 cómo el uso de gas natural fue reemplazando el consumo de los aceites combustibles.

El aumento en el uso del gas natural por parte de las centrales térmicas convencionales se debe básicamente a que, durante el período considerado, se descubrieron reservas



de gas lo que provocó un aumento en su oferta y una disminución de sus precios relativos (con respecto a cada uno de los precios de los otros combustibles). Además se incrementó la potencia instalada en la TV, y disminuyó en las TG y en las DI, aumentando la producción de energía eléctrica de las primeras en detrimento de las otras centrales térmicas convencionales e hidroeléctricas (Cuadro 1 del Anexo Estadístico).

**Cuadro 3.2**  
**Centrales Térmicas de la Provincia de Salta**  
**Combustibles Utilizados (1982-1997)**

Año	Diesel Oil tn	Fuel Oil tn	Gas Oil tn	Gas Natural miles de m <sup>3</sup>
1982	45.000	0	59	0
1983	22.206	0	545	113.309
1984	17.742	0	695	146.907
1985	13.277	3.772	844	180.504
1986	0	0	9.912	174.604
1987	5.756	0	1.200	187.038
1988	5.922	0	10.796	188.423
1989	0	0	6.269	207.575
1990	0	0	9.912	174.604
1991	0	0	6.432	244.182
1992	0	0	3.226	332.764
1993	0	0	2.844	410.456
1994	0	0	3.495	519.331
1995	0	0	3.635	551.332
1996	0	0	3.670	579.130
1997	0	0	3.816	469.637

Fuente: Secretaría de Energía.

### 3.3. Modelos de Regresión

Con el objetivo de obtener expresiones cuantitativas de la forma de la función de producción de corto plazo de las centrales térmicas convencionales de la Provincia de Salta en el período 1982-1997, como así también sobre algunas características de las relaciones de sustitución que existen entre los combustibles, utilizados en la producción de corto plazo de energía eléctrica y sobre la separabilidad de las variables, se estiman distintas formas de funciones de producción de corto plazo.

La función lineal propuesta en la Sección 2 punto 2.2.1 ( $C = C(PE) = b PE$ ) podrá ser

aceptada o no de acuerdo a la forma de la función de producción de corto plazo que surja de las estimaciones.

Las relaciones de sustitución de los distintos combustibles permitirán estimar los efectos que provocarían los cambios en los precios relativos correspondientes. Además el tipo y cantidad utilizada de cada combustible tiene asociado a su vez determinadas cantidades de emisiones de ciertos contaminantes, siendo más contaminante el uso de algunos combustibles (Ver Sección 4) que otros, en la producción de energía eléctrica de las centrales térmicas convencionales. Por lo tanto alteraciones en los precios relativos afectarán las combinaciones de combustibles, provocando cambios en las emisiones de contaminantes de las centrales térmicas.

La desagregación de las relaciones que existen entre los distintos combustibles (separabilidad), permitirá realizar el análisis econométrico por etapas y con agregados elementales consistentes.

Para llevar a cabo este análisis se seleccionaron dos tipos de formas de funciones de producción para realizar las estimaciones:

- El Tipo 1: Formas no flexibles, tales como la lineal, la logarítmica de Cobb-Douglas y dos semilogarítmicas (Cuadro 3.3.1 de esta sección), que imponen restricciones en el largo plazo sobre la separabilidad y sobre las relaciones de sustitución de los factores.
- El Tipo 2: Una forma flexible, la translogarítmica (Cuadro 3.3.1 de esta sección), que no impone restricciones previas de largo plazo.

### 3.3.1 Funciones de Producción

La función de producción de energía eléctrica de las centrales térmicas de Salta puede expresarse en su forma general como:

$$(1) PE = P(KA, L, K, T_1, T_2, O)$$

donde PE es la producción de energía eléctrica, KA es el capital para reducir la contaminación, L es el trabajo, K es el capital,  $T_1$  es GO,  $T_2$  es GN y O son otros insumos.

Si consideramos que en el corto plazo las centrales pueden cambiar los niveles de producción alterando solo las cantidades de los combustibles, su función de producción de corto plazo quedaría expresada como:

$$(2) PE = F(C, T_1, T_2)$$

donde C es una constante que estaría representado la dotación de los factores fijos ( $KA_0, L_0, K_0, O_0$ )

Para el análisis de las funciones se utilizan las siguientes definiciones de la teoría de la producción:

$\delta PE/dT_i = f_i$ , es la productividad marginal del combustible i



- $\delta T_1 / \delta T_2 = -f_2 / f_1 = TMST_{12}$  es la tasa marginal de sustitución técnica del combustible 1 por el combustible 2
- $\delta^2 PE / \delta T_i^2 = f_{ii}$  es el coeficiente directo de aceleración del combustible i
- $\delta^2 PE / \delta T_i \delta T_j = f_{ij}$  es el coeficiente cruzado de aceleración del combustible i con respecto al combustible j ( $i \neq j$ )
- $(\delta PE / \delta T_i) (T_i / PE) = e_i$  es la elasticidad de producción del combustible i
- $-f_1 f_2 (T_1 f_1 + T_2 f_2) / T_1 T_2 (f_{11} f_2^2 - 2f_{12} f_1 f_2 + f_{22} f_1^2) = \sigma$  es la elasticidad de sustitución de los combustibles.

Del análisis de las distintas formas de las funciones de producción de energía eléctrica para el corto plazo surgen ciertas características de las relaciones de sustitución entre los factores y restricciones adicionales sobre los parámetros. En el Cuadro 3.3.1 se resumen estos resultados.

Cuadro 3.3.1

**Formas de la Función de Producción de Corto Plazo  
Centrales Térmicas Convencionales**

Forma de la Función de Producción	Expresión de la Función de Producción de Corto Plazo	Características
a) Lineal  para	$PE = \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_i T_i$	$\beta_0$ es la constante, $\beta_i = f_i$ $TMST_{12} = -\beta_2/\beta_1$ $\sigma = \infty$ $\beta_0 = 0$ Rest. de corto plazo que $PE = 0$ cuando $T_1$ y $T_2 = 0$
b) Logarítmica de Cobb-Douglas	$\ln PE = \ln \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_i \ln T_i$	$\beta_0$ es la constante, $\beta_i > 0, \beta_i = \epsilon_i$ $TMST_{12} = -\beta_2 T_1 / \beta_1 T_2$ $\sigma = 1$ $\ln \beta_0 + \beta_2 + \beta_1 < -6,9$ Rest. De corto plazo para que $PE \equiv 0$ (1 kwh por año)* cuando $T_1$ y $T_2 = 0$
c) Semilogarítmica 1	$\ln PE = \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_i T_i$	$\beta_0$ es la constante, $\beta_i = f_i / PE$ $TMST_{12} = -\beta_2 / \beta_1$ $\sigma = \infty$ $\beta_0 = 1$ , Rest. de corto plazo para que $PE = 0$ cuando $T_1$ y $T_2 = 0$
d) Semilogarítmica 2	$PE = \ln \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_i \ln T_i$	$\beta_0$ es la constante, $\beta_i = f_i T_i$ $TMST_{12} = -\beta_2 T_1 / \beta_1 T_2$ $\sigma = 1$ $\ln \beta_0 + \beta_2 + \beta_1 = 0$ Rest. De corto plazo para que $PE = 0$ cuando $T_1$ y $T_2 = 0$
e) Translogarítmica	$\ln PE = \ln \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_i \ln T_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{j=1} \beta_{ij} \ln T_i \ln T_j$	$\beta_0$ es la constante $TMST_{12} = -T_1 (\beta_2 + \beta_{21} \ln T_1 + \beta_{22} \ln T_2) / T_2 (\beta_1 + \beta_{12} \ln T_2 + \beta_{11} \ln T_1)$ $\beta_{ij}$ elasticidad precio cuando $i = j$ y elasticidad cruzada cuando $i \neq j$ . $\sigma = 1$ , si $\beta_{11}, \beta_{12}$ y $\beta_{22} = 0$ $\ln \beta_0 + \beta_2 + \beta_1 + \frac{1}{2} (\beta_{11} + 2\beta_{12} + \beta_{22}) < -6,9$ Rest. De corto plazo para que $PE \equiv 0$ (1kwh por año) cuando $T_1$ y $T_2 = 0$

Fuente: Elaboración Propia

Nota: \* Por consultas a expertos se determinó que este nivel de producción de las centrales térmicas puede considerarse como cero.

### 3.3.2. Resultados Obtenidos

Se estimaron las distintas formas de funciones de producción de corto plazo mediante regresión lineal, considerando primero la PE de todas las CC (Cuadro 3.3.2) y segundo solo la de TV de CT Güemes (Cuadro 3.3.3), por el alto grado de importancia que tiene dicha central dentro de las CC y en la generación total de energía de Salta.

Las estimaciones fueron realizadas con y sin constante con el objetivo de analizar el cumplimiento de las restricciones de corto plazo.

Del Cuadro 3.3.2 se puede realizar el siguiente análisis sobre las estimaciones de las formas de las funciones de producción de corto plazo consideradas para las Centrales Térmicas Convencionales de la Provincia de Salta (1982-1997):

#### a) Lineal :

- Modelo 1: Se cumple la restricción de corto plazo, la constante no es significativa al 10%. No existe autocorrelación. Sólo es significativo el coeficiente de la variable independiente GN al 1%.
- Modelo 2: No existe autocorrelación. Sólo es significativo el coeficiente de la variable independiente GN al 1%.
- Selección: Modelo 2.

#### b) Logarítmica de Cobb-Douglas:

- Modelo 3: No se cumple la restricción de corto plazo ( $\ln B_0 + B_2 + B_1 = 2,3822 > -6,9$ ). No existe autocorrelación con nivel de significación del 1%. La constante y el coeficiente de  $\ln GN$  son significativos al 1%.
- Modelo 4: La restricción de corto plazo no se cumple si  $b_0 = 1$  ( $B_2 + B_1 = 1,10977 > -6,9$ ). Existe autocorrelación positiva. Sólo es significativo el coeficiente de la variable independiente  $\ln GN$  al 1%.
- Selección: Ninguno.

#### c) Semilogarítmica 1:

- Modelo 5: No se cumple la restricción de corto plazo ya que  $B_0 = 12,285$ , al 1% de significación. El test de autocorrelación no da resultado definitivo con nivel de significación al 1% y 5%. Los coeficientes de las variables independientes son significativos al 1%.
- Modelo 6: No se cumple la restricción de corto plazo ya que  $b_0 = 0$ . Existe autocorrelación positiva. Los coeficientes de las variables independientes son significativos al 1%.
- Selección: Ninguno.

#### d) Semilogarítmica 2:

- Modelo 7: No se cumple la restricción de corto plazo ( $\ln B_0 + B_2 + B_1 = 1,30E+07 > 0$ ). No

existe autocorrelación al 1 % de significación. La constante y el coeficiente de  $\ln GN$  son significativos al 1% de significación.

Modelo 8: : La restricción de corto plazo no se cumple si  $b_0 = 1$  ( $B_2 + B_1 = 5,52E+04 > 0$ ). Existe autocorrelación positiva. Los coeficientes de las variables independientes no son significativos al 10%.

Selección: Ninguno.

e) Translogarítmica:

Modelo 9: No se cumple la restricción de corto plazo ( $\ln B_0 + B_1 + \frac{1}{2}(B_{11} + 2B_{12} + B_{22}) = 0,85626 > -6,9$ ). No existe autocorrelación positiva pero el test de autocorrelación negativa no da resultados definitivos. Los parámetros de  $\ln GN$ ,  $\ln GN \ln GN$ ,  $\ln GN \ln GO$ ,  $\ln GO$  y  $\ln GO \ln GO$  son significativamente distintos de cero al nivel de significación del 1%. La constante no es significativamente distinta de cero al 10%. La variable  $\ln GN$  es excluida por multicolinealidad.

Modelo 10: No se cumple la restricción de corto plazo ( $B_2 + \frac{1}{2}(B_{11} + B_{22}) = 1,192302 > -6,9$ ). El test de autocorrelación no da resultados definitivos al 1% y 5%. Los parámetros de  $\ln GN$  y  $\ln GN \ln GN$  son significativamente distintos de cero al nivel de significación del 1%. El parámetro de  $\ln GO \ln GO$  es significativamente distinto de cero a un nivel de significación del 32,7%. Las variables  $\ln GN \ln GO$  y  $\ln GO$  son excluidas por multicolinealidad.

Selección: Ninguno.

Del análisis se selecciona el Modelo 2 (Cuadro 3.3.2) y podemos resaltar lo siguiente:

1) La forma de la función de producción de corto plazo de las Centrales Térmicas Convencionales estimada es:

(1.1)  $PE_t = 3,459 GO_t + 3,455 GN_t$ , donde  $t$  es año.

2) La productividad marginal de  $GO$  estimada es  $B_1 = 3,459$  (se alcanza un nivel de significación recién al 38,4%).

3) La productividad marginal de  $GN$  estimada es  $B_2 = 3,455$  (con un nivel de significación del 1%).

4) Si aceptáramos un nivel de significación para los parámetros de las variables del 38,4% los combustibles serían perfectos sustitutos en la producción y  $TMST_{12}$  estimada sería igual a  $-0,999$ .

5) Si exigimos nivel de significación 1%, 5% o 10% para los parámetros de las variables 2) y 4) no podrían inferirse. Lo que podemos observar es que si la cantidad de contaminante emitido ( $IE$ ) por las Centrales se calcula como (Ver Sección 4: Punto 4.1.1):

$$(5.1) IE_{st} = F_s \cdot GN_t$$

donde  $IE_{st}$  es la cantidad del Contaminante  $s$  en el año  $t$ ,  $F_s$  es el factor (una constante) de emisión de contaminante  $s$ , Consumo de  $GN$  en el año  $t$ ,  $t$  es año; y  $s$  es el tipo de contaminante, y si además



$$(5.2) PE_i \cong 3,455 GN_i,$$

realizando un pasaje de términos y reemplazando en (5.2) tenemos

(5.3)  $IE_{st} \cong (F_s / 3,455) PE_i$  que podría ser la función lineal propuesta en la Sección 2 punto 2.2.1 ( $C = C(PE) = b PE$ ), con la salvedad que  $IE_{st}$  se refiere a la emisión de un contaminante en particular y  $C$  se refiere a la contaminación general.

Cuadro 3.3.2

**Resultados Obtenidos de las Estimaciones De Formas de Funciones de Producción Centrales Térmicas Convencionales Provincia de Salta, 1982-1997**

Modelo	Coeficiente (B) no Estandarizados		Coeficiente Estandarizado	t	Intervalo de Confianza para B al 95%	
	B	Error Típ.			Límite Inferior	Límite Superior
1 Constante GN GO  Var. Dep. PE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,990 R <sup>2</sup> C = 0,989 DW = 1,928 <sup>e</sup>	19.818,122 3,418 2,097	36.554,46 0,09 4,68	0,995 0,012	0,542 36,235 0,448	-59.152,98 3,21 -8,02	98.789,23 3,62 12,21
2 GN  GO Var. Dep. PE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,997 <sup>a</sup> R <sup>2</sup> C = 0,997 DW = 1,800 <sup>e</sup>	3,455  3,459	0,06  3,85	0,988  0,016	54,236  0,899	3,32  -4,80	3,60  11,71
3 Constante  lnGN lnGO Var. Dep. lnPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,985 R <sup>2</sup> C = 0,982 DW = 1,588 <sup>f</sup>	1,385  0,976 2,12E-02	0,44  0,04 0,02	0,981  0,039	3,126  26,567 1,047	0,42  0,89 -0,02	2,35  1,05 0,06



Modelo	Coeficiente (B) no Estandarizados		Coeficiente Estandarizado	t	Intervalo de Confianza para B al 95%	
	B	Error Típ.			Límite Inferior	Límite Superior
4 InGN InGO Var. Dep. InPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 1 <sup>a</sup> R <sup>2</sup> C = 1 DW = 0,800 <sup>g</sup>	1,083 2,677E-02	0,02 0,03	0,984 0,016	63,863 1,025	1,05 -0,03	1,12 0,08
5 Constante GN GO Var. Dep. InPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,872 R <sup>2</sup> C = 0,853 DW = 1,138 <sup>f</sup>	12,285 3,992E-06 4,326E-05	0,17 0,00 0,00	0,912 0,199	73,046 9,198 2,009	11,92 0,00 0,00	12,65 0,00 0,00
6 GN GO Var. Dep. InPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,845 <sup>a</sup> R <sup>2</sup> C = 0,823 DW = 0,510 <sup>g</sup>	2,685E-05 8,877E-04	0,00 0,00	0,645 0,353	4,567 2,499	0,000 0,000	0,000 0,002
7 Constante InGN InGO Var. Dep. PE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,955 R <sup>2</sup> C = 0,947 DW = 1,545 <sup>f</sup>	-1,2E+07 1.052.220,4 -37.821,16	815.677,41 67.633,01 37.316,14	0,993 -0,065	-14,433 15,558 -1,014	-1,4E+07 904.860,78 -119.126,0	-9.995.483 1.199.580,1 43.783,72
8 InGN InGO Var. Dep. PE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,820 <sup>a</sup> R <sup>2</sup> C = 0,99 DW = 0,202 <sup>g</sup>	140.317,82 -85.071,23	99.339,263 153.026,46	1,483 -0,584	1,413 -0,556	-74.291,60 -415.664,80	354.927,24 245.522,33

Modelo	Coeficiente (B) no Estandarizados		Coeficiente Estandarizado	t	Intervalo de Confianza para B al 95%	
	B	Error.Típ.			Límite Inferior	Límite Superior
9 Constante	-1,504	4,685		-0,309	-12,343	9,336
InGN InGN	0,134 <sup>d</sup>	0,037	3,383	3,597	0,051	0,217
InGN InGO	-0,285	0,114	-7,207	-2,505	-0,539	-0,032
InGO	2,221	1,284	4,048	1,730	0,639	5,082
InGO InGO	7,813E-02 <sup>d</sup>	0,044	2,229	1,769	0,020	0,177
Var. Dep. InPE <sup>b</sup>						
R <sup>2</sup> = 0,991						
R <sup>2</sup> C = 0,988						
DW = 2,874 <sup>e</sup>						
4 - DW = 1,126 <sup>f</sup>						
<u>Variable Excluida</u>						
LnGN			1,297 <sup>c</sup>	0,286		
Corr.Par. = 0,095						
Est. de Colinealidad, Tolerancia:						
4,682 E-05						
10 InGN	1,208	0,036	1,098	33,809	1,130	1,286
InGN InGN	-9,156E-03 <sup>g</sup>	0,003	-0,104	-3,254	-0,015	-0,003
InGO InGO	1,307E-03 <sup>g</sup>	0,001	0,006	1,002	-0,001	0,004
Var. Dep. InPE <sup>b</sup>						
R <sup>2</sup> = 1 <sup>a</sup>						
R <sup>2</sup> C = 1						
DW = 1,579 <sup>f</sup>						
<u>Variables Excluidas</u>						
InGN InGO			-0,974 <sup>c</sup>	-2,236		
Corr.Par. = -0,559						
Est. de Colinealidad, Tolerancia:						
7,069E-06						
InGO			0,628 <sup>c</sup>	-1,207		

Fuente: Elaboración Propia

**Notas:**<sup>a</sup> Para la regresión a través del origen (el modelo sin intersección), R cuadrado mide la proporción de la variabilidad en la variable dependiente acerca del origen explicado por la regresión. No es posible comparar esto con r cuadrado para los modelos que incluyen una intersección.

<sup>b</sup> PE es la producción de energía eléctrica de las Centrales Térmicas Convencionales.

<sup>c</sup> Beta dentro.

<sup>d</sup> Para obtener el valor del parámetro hay que multiplicar por 2

<sup>e</sup> No se rechaza la hipótesis de no autocorrelación (Nivel de significación 5%). Se rechaza autocorrelación positiva. Si DW es mayor que 2 se prueba si existe autocorrelación negativa.

<sup>f</sup> El test no da resultados definitivos (Nivel de significación 5%).

<sup>g</sup> Rechaza la hipótesis de no autocorrelación (Nivel de significación 5%). Se acepta que existe autocorrelación positiva.

Del Cuadro 3.3.3 se puede realizar el siguiente análisis sobre las estimaciones de distintas formas de funciones de producción de corto plazo consideradas para la Central Térmica Güemes S.A.<sup>17</sup> (1982-1997):

a) Lineal :

- Modelo 1: Se cumple la restricción de corto plazo, la constante no es significativa al 1%. No existe autocorrelación. El coeficiente de la variable independiente GN es significativo al 1%
- Modelo 2: Con restricción de constante igual a 0. No existe autocorrelación. Es significativo el coeficiente de la variable independiente GN al 1%.
- Selección: Modelo 2.

b) Logarítmica de Cobb-Douglas:

- Modelo 3: No se cumple la restricción de corto plazo ( $\ln B_0 + B_2 = 0,886 > -6,9$ ). No existe autocorrelación con nivel de significación del 1%. La constante no es significativa al 10% y el parámetro de  $\ln GN$  es significativo al 1%.
- Modelo 4: La restricción de corto plazo no se cumple si  $b_0 = 1$  ( $B_2 = 1,095 > -6,9$ ). No existe autocorrelación. Es significativo el coeficiente de variable independiente  $\ln GN$  al 1%.
- Selección: Ninguno.

c) Semilogarítmica 1:

- Modelo 5: No se cumple la restricción de corto plazo ya que  $B_0 = 12,592$ , al 1% de significación. Existe autocorrelación positiva. El coeficiente de la variable independiente GN es significativo al 1%.
- Modelo 6: No se cumple la restricción de corto plazo ya que  $b_0 = 0$ . Existe autocorrelación positiva. El coeficiente de la variable independiente es significativo al 1%.
- Selección: Ninguno.

d) Semilogarítmica 2:

- Modelo 7: No se cumple la restricción de corto plazo ( $\ln B_0 + B_2 = -1,09E+07 < 0$ ). El test de autocorrelación no da resultados definitivos. La constante y el parámetro de  $\ln GN$  son significativos al 1% de significación.
- Modelo 8: La restricción de corto plazo no se cumple si  $b_0 = 1$  ( $B_2 = 82E+03 > 0$ ). Existe autocorrelación positiva. El coeficiente de la variable independiente  $\ln GN$  es significativo al 1%.

---

<sup>17</sup> Según consultas a expertos, la Central Térmica Güemes S.A. utilizó siempre GN para la producción de energía eléctrica, a pesar de contar con las instalaciones obligatorias para GO.



Selección: Ninguno.

e) Translogarítmica:

Modelo 9: Cumple con la restricción de corto plazo ( $\ln B_0 + B_2 + \frac{1}{2} B_{22} = -31,439 < -6,9$ ,  $e^{-31,439} = 2,2193E-14 = PE \approx 0$ , cuando  $T_2 = 0$ ). No existe autocorrelación. La constante y los parámetros de  $\ln GN$  y  $\ln GN$  son significativamente distintos de cero al nivel de significación del 5%.

Modelo 10: No se cumple con la restricción de corto plazo ( $B_2 + \frac{1}{2} B_{22} = 1,081203 > -6,9$ ). El test de autocorrelación no da resultados definitivos al 5%, pero al 1% indica no autocorrelación. El parámetro  $\ln GN$  es significativamente distinto de cero a un 1% y el de  $\ln GN$  no es significativamente distinto de cero a los niveles de significación del 10%. Este resultado nos lleva a la estimación del Modelo 4

Selección: Modelo 9

En base al análisis se seleccionan los Modelos 2 y 9 (Cuadro 3.3.3) y podemos resaltar lo siguiente:

1) Una forma de función de producción de corto plazo de la Central Térmica Güemes S.A. estimada, podría ser:

$$(1) PE_t = 3,423 GN_t$$

En base a ella podemos resaltar que:

1.1) La productividad marginal de GN estimada es  $B_2 = 3,423$  (con un nivel de significación del 1%).

1.2) Si la cantidad de GN utilizada por la Central se calcula como (Ver Sección 4: Punto 4.1.1):

$$(1.2.1) GN_t = P_t / (E_t \cdot V)$$

donde  $GN_t$  es la cantidad de GN utilizada en el período t donde  $P_t$  es la PE en el año t en kwh multiplicada por el factor de conversión para la electricidad ( $F = 0,086 \text{ kep/kwh}$ ),  $E_t$  es la eficiencia calorífica de la Central (35%, que se supone constante durante el período considerado) y V es el valor calorífico de GN ( $0,83 \text{ kep/m}^3$ ).

Entonces, mediante un pasaje de términos obtenemos:

$$(1.2.2) PE_t = (E_t \cdot V / F) GN_t = 3,378 \text{ kwh/m}^3 GN_t$$

El valor del parámetro estimado en (1) es muy similar al valor que se obtiene con este método. Una posible explicación se podría proponer sobre la diferencia: por que el supuesto de V constante en todo el período no se cumple.

2) Otra forma de función producción de corto plazo de la Central Térmica Güemes S.A. estimada podría ser:

$$(2) \ln PE_t = -38,411 + 7,215 \ln GN_t - 0,243 (\ln GN_t)^2$$

En base a ella podemos resaltar que:

2.1)  $B_0^{18} = 2,08E-17$ , significación al 5%.

2.2)  $B_2^{19} = 7,215$ , significación al 5%.

2.3) La demanda de GN de la Central Güemes es inelástica ( $B_{22} = -0,486$ , significación al 5% y 10%), indicando que un aumento (disminución) del 1% en el precio de GN provocaría una disminución (aumento) del 0,486%<sup>20</sup> en la cantidad demandada de GN.

2.4) La elasticidad de producción estimada es:

$(d \ln PE / dt) / (d \ln GN / dt) = (7,215 - 0,486 \ln GN_t) = -0,486 (7,215 - 0,486 \ln GN_t)$  de donde el producto marginal de GN puede expresarse como:

$$(dPE) / (dGN) = PE (7,215 - 0,486 \ln GN) / GN$$

2.5) Si la cantidad de GN utilizada por la Central se calcula como (1.2.1) entonces:

$$(2.5.1) \ln PE = \ln 3,378 + \ln GN = 1,21728 + \ln GN \neq (2)$$

Con este método, en este caso, no se obtiene el mismo resultado que (2).

<sup>18</sup> Si estuviésemos estimando la función de producción de largo plazo  $B_0$  se interpretaría como un coeficiente de eficiencia.

<sup>19</sup> Si estuviésemos estimando la función de producción de largo plazo  $B_1$  se interpretaría como un parámetro de distribución.

<sup>20</sup> Si existiera competencia perfecta en el mercado de GN, entonces este efecto sería el final sobre la cantidad utilizada por la Central.



Cuadro 3.3.3

**Resultados Obtenidos de las Estimaciones De Formas de Funciones de Producción  
Centrales Térmicas Güemes S.A. Provincia de Salta, 1982-1997**

Modelo	Coeficiente (B) no Estandarizados		Coeficiente Estandarizados	t	Intervalo de Confianza para B al 95%	
	B	Error Tip.			Límite Inferior	Límite Superior
1 Constante GN Var. Dep. PE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,992 R <sup>2</sup> C = 0,992 DW = 2,435 <sup>e</sup> 4 - DW = 1,565 <sup>h</sup>	-57.452,290 3,573	27.521,399 0,084	0,996	-2,088 42,488	- 116.479,80 0 3,393	1.575,240 3,754
2 GN Var. Dep. PE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,997 <sup>a</sup> R <sup>2</sup> C = 0,997 DW = 1,819 <sup>e</sup>	3,423	0,048	0,999	71,195	3,320	3,525
3 Constante lnGN Var. Dep. lnPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,976 R <sup>2</sup> C = 0,974 DW = 1,498 <sup>f</sup>	-0,227 1,113	0,601 0,048	0,988	-0,378 23,137	-1,525 1,009	1,070 1,217
4 lnGN Var. Dep. lnPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,1 <sup>a</sup> R <sup>2</sup> C = 1 DW = 1,487 <sup>e</sup>	1,095	0,002	1,000	565,15 1	1,091	1,099
5 Constante GN Var. Dep. lnPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,922 R <sup>2</sup> C = 0,916 DW = 0,848 <sup>g</sup>	12,592 3,563E-06	0,097 0,000	0,960	129,55 6 12,377	12,382 0,000	12.802 0,000
6 GN Var. Dep. lnPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,815 <sup>a</sup> R <sup>2</sup> C = 0,802 DW = 0,104 <sup>g</sup>	3,6255E-05	0,000	0,903	7,858	0,000	0,000

Modelo	Coeficiente (B) no Estandarizados		Coeficiente Estandarizados	t	Intervalo de Confianza para B al 95%	
	B	Error Tip.			Límite Inferior	Límite Superior
7 Constante lnGN Var. Dep. PE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,963 R <sup>2</sup> C = 0,960 DW = 1,217 <sup>f</sup>	-1,2E+07 1.082.735,0	738.112,35 59.135,630	0,981	- -16,931 18,309	-1,4E+07 954.980,28	-1,1E+07 1.210.489,8
8 lnGN Var. Dep. PE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,789 <sup>a</sup> R <sup>2</sup> C = 0,774 DW = 0,155 <sup>g</sup>	82.393,313	11.370,627	0,889	7,246	58.005,744	106.780,88
9 Constante lnGN lnGN lnGN Var. Dep. lnPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 0,984 R <sup>2</sup> C = 0,981 DW = 2,065 <sup>e</sup> 4 - DW = 1,935 <sup>h</sup>	-38,411 7,215 -0,243 <sup>d</sup>	16,386 2,617 0,104	6,404 -5,416	-2,344 2,756 -2,331	-74,114 1,512 -0,471	-2,708 12,918 -0,016
10 lnGN lnGN lnGN Var. Dep. lnPE <sup>b</sup> R <sup>2</sup> = 1 <sup>a</sup> R <sup>2</sup> C = 1 DW = 1,495 <sup>f</sup>	1,080 1,203E-03 <sup>d</sup>	0,048 0,014	0,986 0,014	22,504 0,314	0,976 -0,007	1,184 0,009

Fuente: Elaboración Propia

Notas: <sup>a</sup> Para la regresión a través del origen (el modelo sin intersección), R cuadrado mide la proporción de la variabilidad en la variable dependiente acerca del origen explicado por la regresión. No es posible comparar esto con r cuadrado para los modelos que incluyen una intersección.

<sup>b</sup> PE es la producción de energía eléctrica de las Centrales Térmicas Güemes S.A.

<sup>c</sup> Beta dentro.

<sup>d</sup> Para obtener el valor del parámetro hay que multiplicar por 2.

<sup>e</sup> No se rechaza la hipótesis de no autocorrelación (Nivel de significación 5%). Se rechaza autocorrelación positiva. Si DW es mayor que 2 se testea si existe autocorrelación negativa.

<sup>f</sup> El test no da resultados definitivos (Nivel de significación 5%).

<sup>g</sup> Rechaza la hipótesis de no autocorrelación (Nivel de significación 5%). Se acepta que existe autocorrelación positiva.

<sup>h</sup> No se rechaza la hipótesis de no autocorrelación (Nivel de significación 5%). Se rechaza autocorrelación negativa.

#### 4. Contaminación de las Centrales Térmicas Convencionales

La contaminación del aire puede definirse como la presencia de uno o más contaminantes en la atmósfera exterior, en cantidades y duración tales que pueden ser nocivos para la vida del hombre, planta o animales, o para la propiedad, o que pueden interferir con el uso y disfrute de la vida o propiedad o con la realización del trabajo.

Existe un grupo de problemas relacionados con la contaminación del aire y algunos de ellos son causados, en su mayor parte, por los vehículos a motor y por la actividad industrial.

La producción de energía de las centrales térmicas convencionales<sup>21</sup>, que utilizan carbón, fuel-oil, diesel oil, gasoil y gas natural como combustibles, provocan polución atmosférica, lluvias "ácidas", forman gases con efecto invernadero<sup>22</sup> y emiten partículas y gases, ocasionando efectos sobre los seres vivos y la capa de ozono<sup>23</sup>.

##### 4.1 Emisión de Contaminantes de las Centrales Convencionales de la Provincia de Salta

En Salta no existen leyes provinciales ni municipales que reglamenten las actividades de su sector energético, por lo que son reguladas por decretos, resoluciones y leyes nacionales<sup>24</sup>.

Para calcular la emisión de contaminantes del aire, de la generación de energía eléctrica de las centrales de Salta, se consideran los datos de Consumo de Combustibles de la Secretaría de Energía (SE) y los factores de emisiones publicados por la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE).

Cuando existen fuentes de contaminación ambiental es indispensable realizar un inventario de los tipos de contaminación y de las fuentes de desechos, incluyendo su localización y niveles de emisión. Los inventarios precisos y muy detallados pueden requerir una cantidad considerable de recursos e involucrar sistemas de monitoreos y procesamiento de datos muy sofisticados y los requerimientos financieros y de personal para tales programas están fuera de las posibilidades de este estudio.

Sin embargo con el uso de información limitada existente es posible hacer inventarios de emisiones bastantes precisos y a un costo relativamente bajo. Tales inventarios no obvian la necesidad de estudios mas detallados, pero proporcionan la primera visión general de la magnitud de la contaminación del aire, provocada por las centrales térmicas de la Provincia

---

<sup>21</sup> No se consideran las centrales nucleares ni las que usan carbón porque Salta se caracteriza por no contar con este tipo de centrales.

<sup>22</sup> La contribución porcentual anual de la Argentina, en la emisión mundial de gases con efecto invernadero es del 0,5 % Schinder (1994-1995)).

<sup>23</sup> Para mayor información ver Anexo 2

<sup>24</sup> Res. 475/87 (SE), Res. 718/87 (SE), Ley 23879/90 (Poder Ejecutivo Nacional (PEN)), Res. 149/90 (SE), Decreto 634/91 (PEN), Res. 15/92 (SE), Ley 24065/93 (PEN), Res. 154/93 (SE), Res. 182/95.(SE).



de Salta y proporcionarían datos para realizar estudios posteriores, tales como valoraciones de los impactos ambientales de la energía eléctrica sobre la salud humana, como así también para una planificación integral del control de la calidad del aire de la provincia.

Para realizar esos inventarios, la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) ha publicado documentos (AP-42) relativos a los factores de emisión de distintos contaminantes según la fuente emisora. La SDEUE realizó una compilación de los documentos de la EPA, publicándola en 1984.

#### 4. 1.1 Metodología

En DE NEVERS, 1998, se explican una gran cantidad de fórmulas e índices que se utilizan en la ingeniería de control de la contaminación del aire. De los cuales podemos utilizar dos sobre centrales térmicas, que son de utilidad para realizar los cálculos y estimaciones de las emisiones, concentraciones de los contaminantes y combustibles:

- a) Consumo de combustible ( $T_{ijt}$ ) de la central térmica i, del combustible j en año t.

$$T_{ijt} = P_{ijt} / ( E_{it} \cdot V_j )$$

donde:

$P_{ijt}$  es la PE (en kwh) de la central i en el año t, multiplicada por el factor de conversión para la electricidad

$E_{it}$  es la eficiencia calórica de la central i en el año t, y

$V_j$  es el valor calorífico del combustible j

- b) Emisión de contaminante ( $IE_{st}$ ) del contaminante s en año t

$$IE_{st} = F_{ijs} \cdot T_{ijt}$$

donde:

$F_{ijs}$  es el factor de emisión del contaminante s proveniente de la central i por utilizar el combustible j, y

$T_{ijt}$  es el consumo de combustible j de la central i en el año t

Para el cálculo de las emisiones de las centrales térmicas se utilizó la fórmula b) y los datos del Cuadro 2 del Anexo 1 y los del Cuadro 3.2 de la Sec. 3.

El uso del gas natural empleado en las centrales térmicas convencionales de Salta no provoca contaminación con partículas, bióxido de azufre ( $SO_2$ ) y monóxido de carbono (CO), debido a las características especiales que tiene tal combustible y a las condiciones técnicas de las instalaciones de las centrales.



#### 4.1.2 Resultados Obtenidos

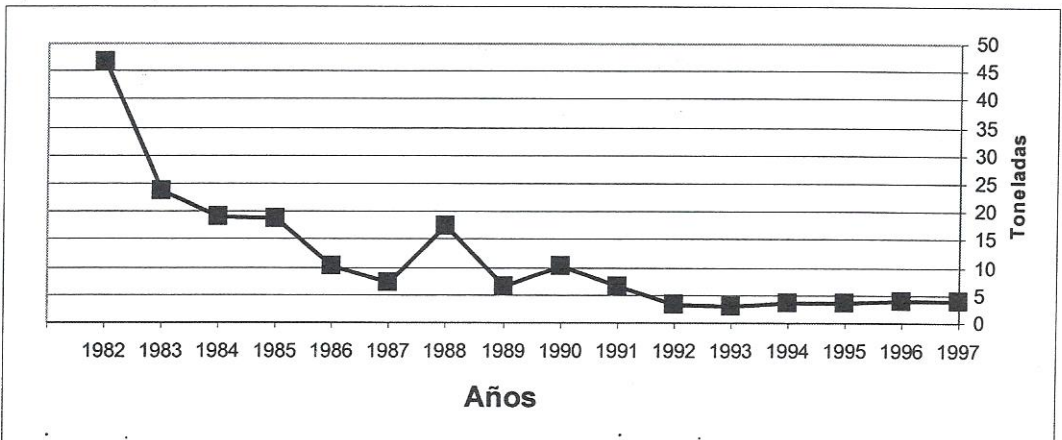
El comportamiento de los contaminantes emitidos por las centrales eléctricas convencionales de Salta pueden observarse en los Gráficos 4.2.2.1 y 4.2.2.2.

Las emisiones de partículas, CO y SO<sub>2</sub> muestran una tendencia decreciente en el período 1982-1997. Aunque se observan aumentos en los años 1985, 1988 y 1990, los valores de las emisiones están por debajo de los valores de los primeros años. Esto tiene relación directa con la producción de energía de acuerdo al tipo de central térmica convencional (DI y TG), ya que cada tipo de central tiene asociado el uso de determinados combustibles. Del Cuadro 3.2 de la Sec. 4, podemos observar que el uso del diesel oil fue disminuyendo hasta registrar un valor cero en 1986, pero en los años 1987 y 1988 aumentó, utilizándose más el último año, y en el resto del período su consumo fue igual a cero. Las centrales utilizaron fuel oil solo en 1985. El uso del gas oil mostró en general un decrecimiento durante el período considerado excepto por los años 1986, 1988 y 1990. El uso del gas natural en general creció durante el período considerado, pero ello no genera emisión de estos contaminantes.

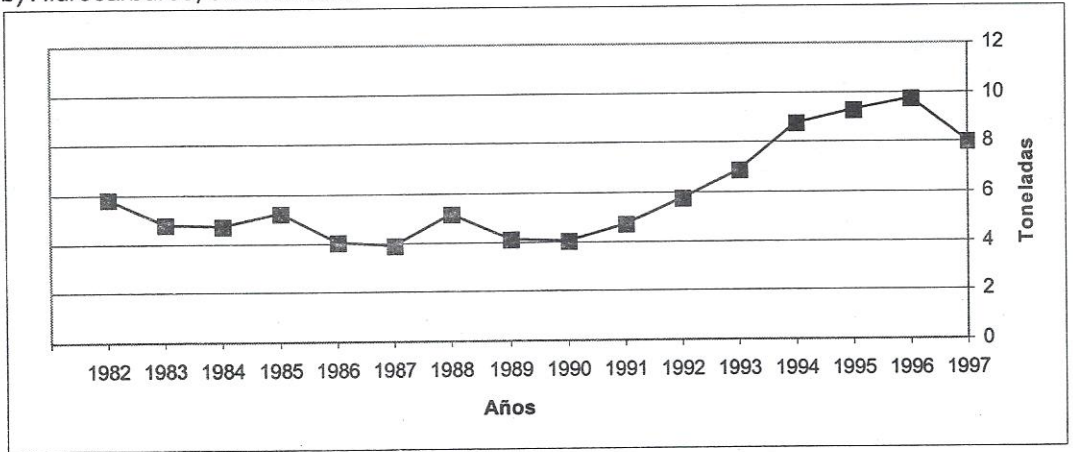
Las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) e hidrocarburos mostraron tendencias en general crecientes durante el período considerado, observándose descenso en los 1987, 1990 y 1997. Las emisiones de estos contaminantes están más asociadas a la producción de las TV, por su uso de gas natural. Se puede observar en el Cuadro 1 del Anexo 1 que la generación de energía eléctrica de las centrales térmicas TV tiene el mismo comportamiento que las emisiones de estos contaminantes: crecimiento general en el período 1982-1996, y disminuciones en los años 1987, 1990 y 1997.

Gráfico 4.2.2.1  
Emisión de Contaminantes de Centrales Térmicas  
Provincia de Salta, 1982-1997

##### a) Partículas, en toneladas



b) Hidrocarburos, en toneladas



c) Monóxido de Carbono, en toneladas

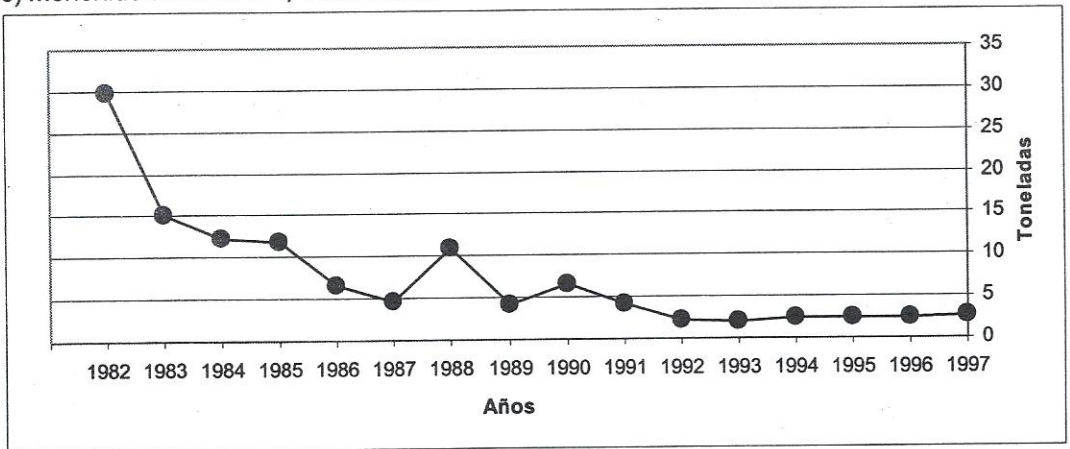
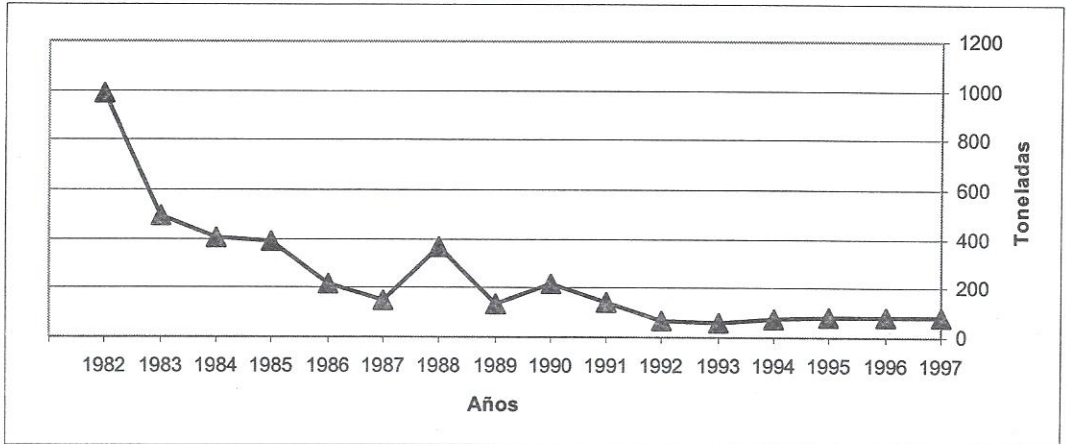
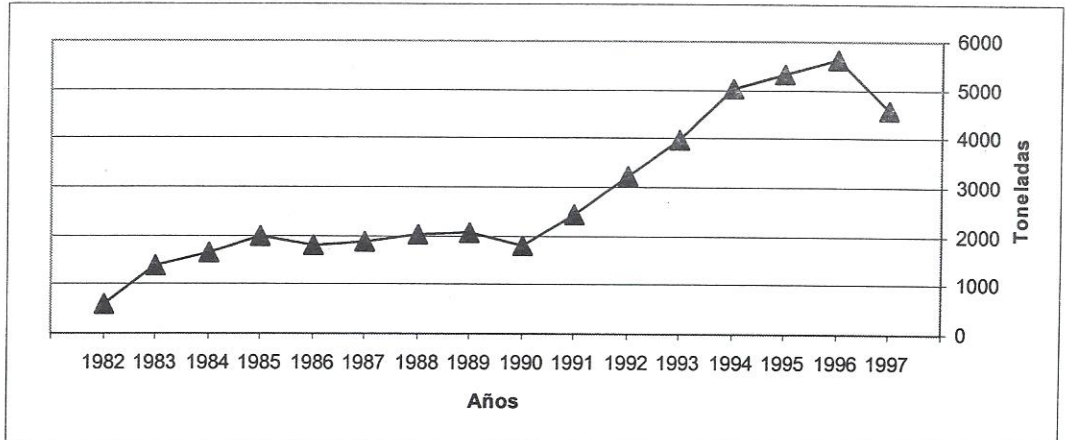


Gráfico 4.2.2.2.  
Emisión de Contaminantes de Centrales Térmicas  
Provincia de Salta, 1982-1997

a) Bióxido de Azufre, en toneladas



b) Oxidos de Nitrógeno, en toneladas



Fuente: Cuadro 5 del Anexo 1





## 5. Un Estudio de las Concentraciones de los Contaminantes de la Central Térmica Güemes S.A.

Dada la importancia que tiene esta Central en el sector energético salteño, y su proximidad (menos de 2 Km) al centro urbano más importante del Departamento en cual esta ubicada, se decidió realizar el cálculo de las concentraciones de los contaminantes emitidos por ella para el año 1997.

La Central Térmica Güemes S.A., localizada en el Departamento General Güemes de Salta, cumple con las normas de control de calidad internacionales y con todos los requerimientos del Ente Nacional Regulador de la Electricidad, en lo referente a la Ecología y el Medio Ambiente.

Tiene un departamento de Medio Ambiente y un Plan de Gestión Ambiental. El combustible que quema para generar vapor es gas natural, el cual prácticamente no posee azufre en su composición y además no genera material particulado. Además posee tecnología para el control de todas las emanaciones gaseosas.

### 5.1 Modelo de Difusión

Las concentraciones de los contaminantes y los efectos que producen son fundamentales para el análisis de la calidad del aire. Existen numerosos estudios sobre la salud humana y contaminación, los que están fuera de los objetivos de este trabajo, que tratan de determinar las curvas de dosis-efecto de cada contaminante con el fin de determinar el valor umbral (valor máximo de la concentración de un contaminante que no provoca efectos adversos sobre la salud humana) como así también los efectos que tiene cada dosis sobre la salud humana (incidencia y prevalencia de enfermedades).

Existen varios modelos para el cálculo de las concentraciones de los contaminantes del aire. Los que más se adaptan para el estudio específico de las centrales eléctricas son los modelos de difusión.

Un modelo perfecto de estimación de las concentraciones debería predecir las concentraciones de todos los contaminantes de un determinado lugar, con todas sus características físicas, en un determinado tiempo y con todas las condiciones atmosféricas posibles de ese lugar. En la actualidad no existe todavía un modelo que contemple todas esas posibilidades y difícilmente exista en un futuro cercano. Pero todos los modelos que se desarrollan y utilizan, en cualquier disciplina científica, para realizar estimaciones son simplificaciones de la realidad y no por ello dejan de ser útiles.

Los modelos de difusión de la calidad del aire pueden clasificarse según el tipo de fuentes puntuales elevadas, fuentes puntuales a nivel del suelo, zonales a nivel del suelo o lineales, tipo de contaminantes, tiempos medios, y reacciones atmosféricas. Estos modelos, que son sencillos balances de materiales, adolecen de dos defectos: 1) que solo permiten calcular las concentraciones de un contaminante por vez y 2) que en algunos casos las concentraciones calculadas pueden sobrestimar los valores verdaderos.

Se pueden utilizar para el cálculo de las concentraciones de los contaminantes

atmosféricos modelos manuales o modelos informáticos.

Para calcular las concentraciones, de los contaminantes del aire (calidad ambiental) emitidos por las CV, se puede utilizar el tipo de modelo de difusión de Pasquill modificado por Gifford que considera la idea Gaussiana de la columna de humo.

El modelo de Pasquill modificado por Gifford es el siguiente:

$$C_{x,y,0} = \frac{Q}{\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp \left[ - \left( \frac{H^2}{2\sigma_z^2} + \frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) \right]$$

donde:

$C_{x,y,0}$  = concentración al nivel del suelo de gas o partículas a una distancia x en m, con viento a favor desde las chimeneas de la central eléctrica (fuente), en<sup>25</sup> ug/m<sup>3</sup>, y a una distancia y en m, con viento de costado (a 90° de la dirección del viento) desde la fuente, en ug/m<sup>3</sup>.

$Q$  = tasa de emisión de gas o partículas procedente de las chimeneas de la central eléctrica, en ug/seg.

$\sigma_y$  = coeficiente de dispersión horizontal, la parte de la columna de humo (pluma) difundida con el viento de costado a una distancia x con viento a favor desde la fuente, con una estabilidad atmosférica dada, en m.

$\sigma_z$  = coeficiente de dispersión vertical, la parte de la pluma difundida en dirección vertical con el viento de costado a una distancia x con viento a favor desde la fuente, con estabilidad atmosférica dada, en m.

$u$  = velocidad media del viento, en m/seg.

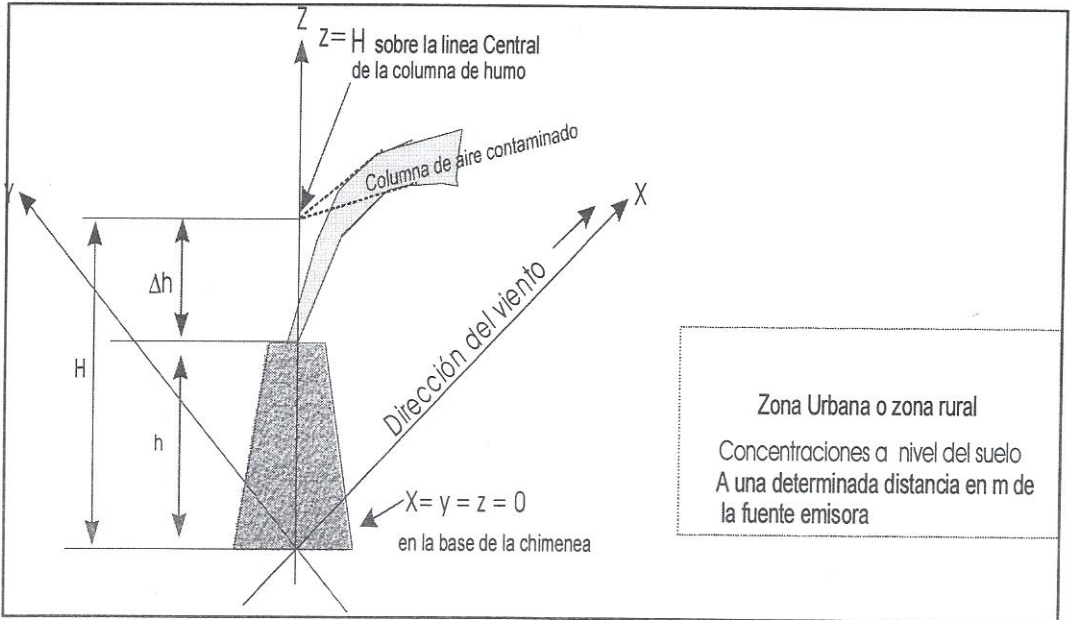
$H$  = altura de las chimeneas, en m.

En la Figura 1 se muestra la representación esquemática, desde la fuente hasta los receptores, y la nomenclatura donde el origen del sistema de coordenadas se coloca en la base de la chimenea, con el eje x alineado en la dirección del viento. La columna de humo (pluma: corriente de aire contaminado) se muestra elevándose de la chimenea, viajando en dirección x del viento y dispersándose en las direcciones y z a medida que se desplaza.

---

<sup>25</sup> ug: microgramo.

Figura 1  
Representación Esquemática del Modelo de Difusión



Fuente: Elaboración propia en base a DE NEVERS, 1998

## 5.2 Cálculo de las Concentraciones de los Contaminantes de la Central Térmica Güemes S.A.

Para realizar las estimaciones de las concentraciones de los contaminantes emitidos por C.T. Güemes S.A. para el año 1997,  $\text{NO}_x$  e hidrocarburos, se obtuvo por consultas a expertos los datos técnicos de la Central. Pero ellos solo conocían los datos referentes al año 2000, por lo que se supuso que en 1997 existían las mismas condiciones técnicas. Además se calculó el combustible utilizado mediante el índice de combustibles descrito en 4.2.1, suponiendo una eficiencia calórica del 35%<sup>26</sup>, porque la SE publica los datos de combustibles totales y por año pero no por central, y los contaminantes emitidos fueron medidos con la metodología explicada en la Sec. 4.

Se estimaron las concentraciones mediante un modelo de difusión, usando el programa SCREEN3, con los datos de la Tabla 5.2.1.

<sup>26</sup> Este valor de eficiencia calórica es el que figura en la literatura consultada (DE NEVERS, 1998) como el correspondiente a centrales térmicas de alta eficiencia.



Tabla 5.2.1

**Características Técnicas para Realizar el Cálculo de las Concentraciones Central Térmica de Güemes, Año 1997**

Terreno:	Simple	Fuente:	Puntual
Altura de la Chimenea:	52 m	Diám. Interior de la Chimenea:	4,2 m
Veloc. de Salida de los gases:	13 m/s	Temperatura de Salida:	384 °k
Temperatura Ambiente:	293 °k <sup>26</sup>	Altura del Receptor	1,7 m
Opción:	Urbana	Altura del Edificio:	10 m
Min Horizontal de Edificio:	10 m	Max Horizontal de Edificio:	20 m
Meteorología:	Completa		

Fuente: Elaboración propia en base a Consulta a Expertos

Los resultados obtenidos (Tablas 5.2.2 y 5.2.3), indican que las mayores concentraciones de los contaminantes (NO<sub>x</sub> e HIDRO) emitidos ocurren a una distancia de 2.866 metros de la central, con una estabilidad atmosférica de clase 6, sin flujo de descenso sobre edificios.

Tabla 5.2.2

**Concentraciones Máximas de 1 Hora de los Contaminantes Emitidos, por la Central Térmica Güemes S.A., Año 1997**

Contaminante	Distancia (m)	Concentración mg/m <sup>3</sup>	Concentración ug/m <sup>3</sup>
NOX	2.866	0,3825	382,5
HIDRO	2.866	0,0006375	0,6375

Fuente: Anexo 2, a) y b)

Para realizar estudios sobre los efectos que pudieran causar esas concentraciones sobre los seres vivos se les debe agregar las concentraciones de fondo correspondientes.

En los Gráficos 5.2.1 y 5.2.2, se puede observar el comportamiento de las concentraciones de, hidrocarburos y NO<sub>x</sub>, estimadas con relación a las distancias desde la fuente emisora.

De acuerdo a la distancia y si la dirección de los vientos es de la fuente a los receptores, las máximas concentraciones de los contaminantes estimados ocurrirían en la zona urbana.

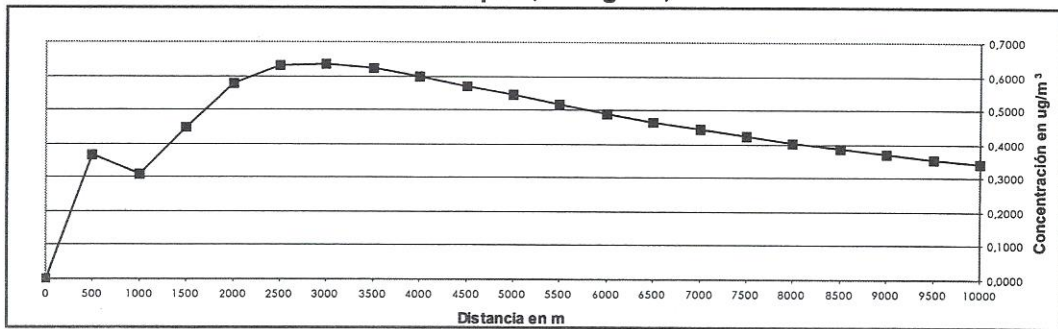
El conocimiento de la información estimada en esta sección puede servir como base para la determinación de una de las variables fundamentales en las estimaciones que



se realicen de los distintos modelos econométricos de la valoración de la calidad ambiental, como así también para el diseño e implementación de encuestas y cuyos resultados servirían de base para la toma de decisiones políticas y planificación urbana. Cabe aclarar que esto no obvia la necesidad de las estimaciones de las emisiones de las otras fuentes determinantes de las concentraciones de fondo.

Gráfico 5.2.1

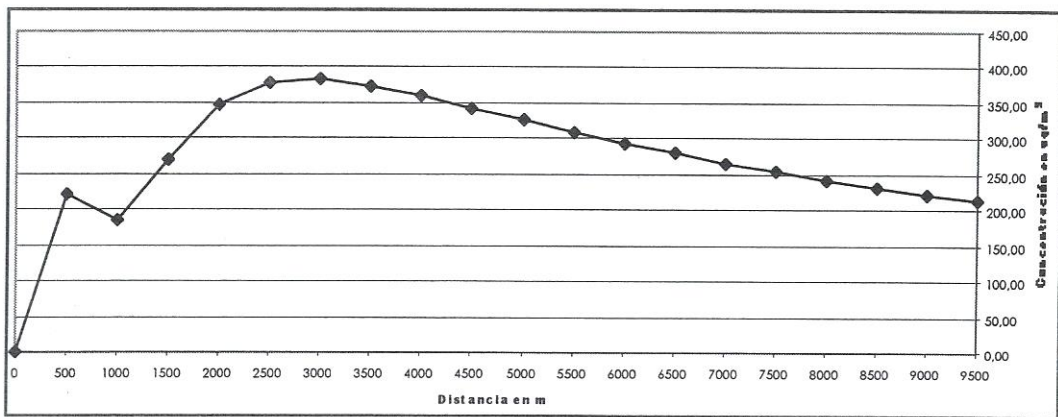
**Concentración de Hidrocarburos según la Distancia desde la Central Térmica Güemes al Receptor, en ug/m<sup>3</sup>, Año 1997**



Fuente: Elaboración propia según resultados del programa SCREEN3.

Gráfico 5.2.2

**Concentración de NOx según la Distancia desde la Central Térmica Güemes al Receptor, en ug/m<sup>3</sup>, Año 1997**



Fuente: Elaboración propia según resultados del programa SCREEN3.



## 6. Conclusiones

A pesar de las dificultades de este estudio, dadas principalmente por el acceso a las fuentes emisoras de contaminantes y a la disponibilidad de fondos, podemos resaltar las siguientes conclusiones:

1. Los efectos económicos que puedan causar las emisiones de contaminantes de las centrales térmicas convencionales tienen relación con los contaminantes emitidos por otras fuentes.

2. Desde 1983 la producción de energía eléctrica de las centrales térmicas convencionales aumentó, en el período considerado, en detrimento de la generación de las hidroeléctricas. La participación de las centrales térmicas convencionales, en la generación total de energía, mostró una tendencia en general creciente en el período considerado, fenómeno que podría ser explicado por la puesta en marcha, funcionamiento y ampliación de la Central Térmica Güemes S.A.

3. Dentro de la generación de las centrales térmicas de Salta la que mostró una mayor y creciente participación fue la TV de Güemes.

4. Las centrales térmicas convencionales fueron reemplazando el uso de los aceites combustibles por gas natural, que es menos contaminante, durante el período 1982-1997.

5. Se estimaron formas flexibles y no flexibles de funciones de producción, de energía eléctrica de corto plazo, mediante regresión lineal para las centrales térmicas convencionales de la Provincia de Salta. Las funciones de producción estimadas que presentaron mejores resultados, parámetros significativos y cumplimiento de las restricciones de corto plazo, fueron: a) lineal para las CC y b) lineal y translogarítmica para la Central Térmica Güemes S.A.

6. Se calcularon las emisiones de los contaminantes emitidos por las centrales térmicas de Salta, resultando que:

Las emisiones de partículas, CO y SO<sub>2</sub> muestran una tendencia decreciente en el período 1982-1997. Aunque se observaron aumentos en los años 1985, 1988 y 1990, los valores de las emisiones están por debajo de los valores de los primeros años.

Las emisiones de NO<sub>x</sub> e hidrocarburos mostraron tendencias en general crecientes durante el período considerado, observándose descenso en los 1987, 1990 y 1997.

7. Se estimaron las concentraciones de los contaminantes del aire emitidos por CT Güemes S.A., con el tipo de modelo de difusión de Pasquill modificado por Gifford, con los siguientes resultados:

Las mayores concentraciones de los contaminantes ( $\text{NO}_x$  e HIDRO) emitidos ocurren a una distancia de 2.866 metros de la central.

De acuerdo a la distancia y a la dirección de los vientos de la fuente a los receptores, las máximas concentraciones de los contaminantes estimados ocurrirían en la zona urbana.

8. Se sentaron las bases para la determinación del valor numérico de las concentraciones de los contaminantes, que serán útiles en estimaciones que se realicen de los distintos modelos econométricos de la valoración de la calidad ambiental, como así también para el diseño e implementación de encuestas y cuyos resultados servirían de base para la toma de decisio.



# Anexo 1: Cuadros Estadísticos

## Cuadro 1

### Centrales Eléctricas de la Provincia de Salta Potencia Instalada y Producción de Energía Eléctrica (1982-1997)

Años	Centrales Hidroeléctricas		Centrales a Vapor		Centrales de Turbinas a Gas		Centrales Diesel	
	Pot. Ins. kw	Producción Mwh	Pot. Ins. kw	Producción Mwh	Pot. Ins. kw	Producción Mwh	Pot. Ins. kw	Producción Mwh
1982	115.466	262.488			51.450	52.602	27.547	43.754
1983	115.466	230.732	120.000	262.096	51.450	48.008	29.855	52.513
1984	116.000	398.100	120.000	466.900	51.500	40.300	30.000	40.300
1985	115.466	319.486	120.000	555.269	51.450	44.208	26.031	39.450
1986	115.500	273.700	120.000	612.113	51.500	44.962	26.500	46.077
1987	116.126	349.912	120.000	605.981	46.750	30.287	25.623	22.189
1988	116.126	300.385	120.000	682.598	35.450	16.754	23.807	21.981
1989	116.100	192.751	120.000	690.421	35.500	8.215	23.800	20.752
1990	116.100	234.646	245.000	574.400	35.500	4.550	23.800	19.105
1991	116.100	234.548	245.000	801.686	35.500	1.349	23.800	17.031
1992	116.100	171.388	245000	994.014	35.500	295	23.800	9.989
1993	116.100	184.238	245000	1.480.200	35.500	126	23.800	10.349
1994	116.100	163.715	245000	1.828.870	35.500	288	23.800	12.216
1995	116.000	185.299	245.000	1.925.741	35.000		24.903	12.435
1996	117.000	161391	245.000	2.026.234	22.000		4.903	13.373
1997	116.180	309.560	245.000	1.582.461	30.700	241	24.903	14.163

FUENTE: Secretaría de Energía, Direc. Gral. de Ev. Ener., Minist. de Ob. y Serv. Públicos

Cuadro 2

**Factores de Emisión de las Centrales Eléctricas según el Tipo de Combustible**

Combustible	Unidad	Partículas Kg por unidad	SO <sub>2</sub> Kg por unidad	NO <sub>x</sub> Kg por unidad	Hidrocarburos Kg por unidad	CO Kg por unidad
Aceite Combustible	t	1,04	19,9S	13,2	0,13	0,66
Gas Natural	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	0,24	16,6S	9,6	0,016	0,27

Fuente: Subsecretaría de Ecología, Septiembre 1984.

Notas: 1) La densidad específica media considerada para Gas Natural es 0,882 Kg/m<sup>3</sup>, a temperatura y presión estándar.

2) S es el porcentaje de contenido de azufre del combustible por peso

Cuadro 3

**Contaminantes Emitidos por las Centrales Térmicas de Salta,  
por el uso de Gas Natural  
1982-1997**

Año	Oxidos de Nitrógeno kg.	Hidrocarburos kg
1982	0	0
1983	1.087.766	1.813
1984	1.410.302	2.351
1985	1.732.838	2.888
1986	1.676.198	2.794
1987	1.795.565	2.993
1988	1.808.861	3.015
1989	1.992.720	3.321
1990	1.676.198	2.794
1991	2.344.147	3.907
1992	3.194.534	5.324
1993	3.940.378	6.567
1994	4.985.578	8.309
1995	5.292.787	8.821
1996	5.559.648	9.266
1997	4.508.515	7.514

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4

**Contaminantes Emitidos por las Centrales Térmicas de Salta,  
por el Uso de Aceites Combustibles  
1982-1997**

Año	Partículas Kg./año	SO <sub>2</sub> Kg./año	Oxidos de Nitrógeno Kg./año	Hidrocarburos Kg./año	CO Kg./año
1982	46.861	986.342	594.779	5.858	29.739
1983	23.661	498.019	300.313	2.958	15.016
1984	19.173	403.564	243.355	2.397	12.168
1985	18.609	391.678	236.188	2.326	11.809
1986	10.308	216.974	130.838	1.289	6.542
1987	7.234	152.267	91.819	904	4.591
1988	17.387	365.957	220.678	2.173	11.034
1989	6.520	137.228	82.751	815	4.138
1990	10.308	216.974	130.838	1.289	6.542
1991	6.689	140.796	84.902	836	4.245
1992	3.355	70.617	42.583	419	2.129
1993	2.958	62.255	37.541	370	1.877
1994	3.635	76.506	46.134	454	2.307
1995	3.780	79.570	47.982	473	2.399
1996	3.817	80.336	48.444	477	2.422
1997	3.969	83.532	50.371	496	2.519

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5

**Contaminantes Emitidos por las Centrales Térmicas de Salta, en toneladas,  
por el Uso de Aceites Combustibles y Gas Natural 1982-1997**

AÑO	PART en tn	SO <sub>2</sub> en tn	NO <sub>x</sub> en tn	HIDRO en tn	CO en tn
1982	47	986	595	6	30
1983	24	498	1.388	5	15
1984	19	404	1.654	5	12
1985	19	392	1.969	5	12
1986	10	217	1.807	4	7
1987	7	152	1.887	4	5
1988	17	366	2.030	5	11
1989	7	137	2.075	4	4
1990	10	217	1.807	4	7
1991	7	141	2.429	5	4
1992	3	71	3.237	6	2
1993	3	62	3.978	7	2
1994	4	77	5.032	9	2
1995	4	80	5.341	9	2
1996	4	80	5.608	10	2
1997	4	84	4.559	8	3

Fuente: Cuadros 3 y 4 del Anexo 1



## Anexo 2: Contaminantes y Salud Humana<sup>27</sup>

Los contaminantes atmosféricos pueden ser gaseosos o particulados, originados en la combustión de combustibles fósiles<sup>28</sup> como el petróleo y sus derivados, el carbón y el gas natural y de aquellos no fósiles<sup>29</sup>.

Una de las principales fuentes de emisión de humos son las centrales termoeléctricas, por la quema del carbón y del petróleo y sus derivados. Los humos son una mezcla de gases, partículas y vapores; sus partículas<sup>30</sup> están formadas por cenizas, carbón particulado y hollín y sus efectos sobre la salud, especialmente en el árbol respiratorio, dependen del tamaño de las mismas (cuanto más pequeñas más profunda es la penetración en el sistema respiratorio, ejerciendo una acción más general), de su composición química, del medio de transporte y de sus propiedades física (liposolubilidad, hidrosolubilidad, etc.).

Los principales contaminantes atmosféricos son: el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )<sup>31</sup>, los óxidos de azufre, bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y otros<sup>32</sup>. El  $\text{CO}_2$ , de escasa toxicidad, es el principal gas que contribuye al efecto invernadero. El monóxido de carbono es el gas que surge de la combustión incompleta de los compuestos del carbono; es muy tóxico<sup>33</sup> y tiene efectos sobre la salud (problemas neurológicos, cardíacos y respiratorios) y sobre el entorno (contribuye a formar smog nebluno, depleta radicales hidroxilo, aumenta los niveles de otros polulantes y contribuye a formar metano). Los óxidos de nitrógeno, principalmente el monóxido y el dióxido, que se forman generalmente por la combustión de combustibles fósiles a altas temperaturas seguidas de un rápido enfriamiento, forman contaminantes secundarios (ácidos nitroso, nítrico, etc.) que al precipitarse a la superficie terrestre forman lluvias ácidas. Los ácidos nítricos forman nitratos que a pesar de ser fertilizantes para el suelo, tienen cierto grado de toxicidad sobre todo al combinarse con otros gases (ozono), ocasionando problemas sobre la salud (respiratorios) y sobre el medio (contribuye a formar el smog oxidante que provoca problemas oculares, respiratorios, perjuicio a la vegetación y a los animales y disminución de la visibilidad). Los óxidos de azufre que se forman por la combustión de elementos fósiles, principalmente el carbón y otros combustibles, se combinan en la atmósfera con agua para formar ácidos como el sulfuro y el sulfuroso, los que se precipitan a la superficie terrestre formando lluvias ácidas, tienen efectos sobre la salud (problemas oculares y respiratorios).

Los óxidos de nitrógeno y los de azufre son los principales causantes de las lluvias ácidas, que tienen efectos letales sobre la vegetación, disminuyen el biota de ríos y lagos, provocan contaminación de napas freáticas y del agua potable con minerales tóxicos y

<sup>27</sup> °k: grados Kelvin

<sup>28</sup> Shinder (1994-1995).

<sup>29</sup> Otros combustibles fósiles: antracita y hulla.

<sup>30</sup> Como madera, estiércoles, etc.

<sup>31</sup> La concentración máxima permitida, que sugiere la Agencia de Protección Ambiental e Instituto Nacional de Seguridad Ocupacional y Salud de los Estados Unidos, para las macropartículas es de media diaria/anual 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y media de 24 horas 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

<sup>32</sup> En Argentina el Decreto Ley 19.587 establece los límites máximos permitidos: monóxido de carbono 50ppm o 9000  $\text{mg}/\text{m}^3$ , óxidos de azufre 5 ppm o 13  $\text{mg}/\text{m}^3$ , óxido nítrico 25 ppm o 30  $\text{mg}/\text{m}^3$ , dióxido de nitrógeno 5ppm o 90  $\text{mg}/\text{m}^3$  y ácido nítrico 2 ppm o 5 $\text{mg}/\text{m}^3$ .

<sup>33</sup> Todos los años mueren miles de personas en el mundo intoxicadas con este gas.

corroen los materiales de los edificios atacando sus estructuras.

El ozono, cuya mayor cantidad se halla en la ozonósfera<sup>34</sup>, es una de las formas moleculares del oxígeno (O<sub>3</sub>), que envuelve a la tierra, actuando como filtro de los rayos ultravioletas, es tóxico y sus efectos sobre las plantas y salud humana son variados y severos (agente oxidante que tiende a atacar las células y degradar los tejidos biológicos). El ozono es destruido principalmente por reacciones que incluyen al óxido de nitrógeno, que actúa como catalizador. La deplección del ozono tiene efectos nocivos sobre la salud, permitiendo el paso de los rayos ultravioletas, especialmente los UV B<sup>35</sup> que son los más peligrosos para el ser humano (aumentan la incidencia de cáncer cutáneo, de infecciones de la piel por virus, de enfermedades oculares, de infestaciones por ciertos parásitos y disminución de las defensas).

El aumento de las concentraciones de ciertos gases (dióxido de carbono, fluorcarbonatos, metano, dióxido de nitrógeno y otros), aumentan la temperatura global media de la tierra provocando el efecto invernadero. Los gases como el dióxido de carbono, el ozono y otros, que determinan la estructura térmica terrestre, tienen la característica de ser relativamente transparentes a las radiaciones solares, de onda corta, y opacos a las radiaciones de la superficie terrestre, de onda larga por lo que la radiación que recibe la tierra no se reducirá pero sí la pérdida calórica hacia el espacio, lo que ocasionará un aumento de la temperatura de la tierra o el llamado efecto invernadero con consecuencias para la salud humana (aumento de la incidencia de enfermedades respiratorias, de reacciones alérgicas; enfermedades de la reproducción; aumento de la mortalidad por estrés calórico, de la dispersión de enfermedades transmitidas por insectos vectores de parásitos, virus, etc. y agravamiento de enfermedades preexistentes-cardiovasculares, cerebrovasculares, respiratorias y otras-).

Los hidrocarburos (HIDRO) que son compuestos orgánicos diversos son contaminantes primarios y a niveles de concentración alta presentan toxicidad sobre plantas, animales y seres humanos.

---

<sup>34</sup> Capa de ozono que rodea a la Tierra entre los 10 y 60 Km de altitud.

<sup>35</sup> Los rayos ultravioletas (UV) se dividen en tres longitudes de onda y según su absorción en la atmósfera: UV A o largos que no se absorben, UV B o medios que se absorben parcialmente y los UV C o cortos que son absorbidos casi totalmente. las funciones 1), 4) y las de Cmg<sup>E</sup> PE se trasladen hacia la derecha aumentando los PE y Pe de equilibrio ecológico y paretiano correspondientes.



## 11. BIBLIOGRAFIA

1. Abdala, M.A. y Shoeters, M., "Cambios en la Política de Medio Ambiente en el Sector Eléctrico Argentino", Estudios, Año XVI N° 67, Octubre/Diciembre 1993.
2. Antonelli, Eduardo David, «Estimación del Producto Bruto de Salta 1993-1995», Novedades Económicas, IERAL N° 200, Noviembre de 1997.
3. Apostolakis, B.E., «Translogarithmic Production and Cost Functions», Economic Studies Quarterly, March 1988
4. Argentina en Crecimiento 1994-1996 y Programa 1995-1999, Módulos I-V, Subsecretaría de Programación Macroeconómica, Secretaría de Programación Macroeconómica, Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos.
5. Argentina en Crecimiento. "La Reforma Económica y sus Resultados, 1989-1992", "La Reforma Económica y sus Resultados, 1989-1993", Subsecretaría de Programación Macroeconómica, Secretaría de Programación Macroeconómica, Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos.
6. Azqueta Oyarzum, Diego, "Valoración de la Calidad Ambiental", McGRAW-HILL, 1994
7. Barbera, Anthony and McConnel, Virginia, "The impact of Environmental Regulations on Industry Productivity: Direct and Indirect Impact", Journal of Environmental Economics and Management, Volume 18, Number 1, January 1990.
8. Canter, Larry W., "Manual de Evaluación del Impacto Ambiental", Mc Graw Hill, 1998.
9. Ciriacy-Wantrup, S.V., "Capital Returns from Soil Conservation Practice", Journal of Farm Economics, 1947.
10. Corbo V. And Meller P., "The Translog Production Function", Journal of Econometric, Vol. 10, 1979
11. Davis, R., "The Value of Outdoor Recreation: An Economic Study of the Maine Woods", Harvard University, 1963
12. Delfino, José F., "La demanda Industrial de Energía: Una Estimación por Etapas", XXX Reunión Anual de la asociación Argentina de Economía Política, 1995.
13. De Nevers, Noel, "Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire", Mc Graw Hill, 1998.
14. Durán de la Fuente, H., "Contaminación Industrial y Urbana: Opciones de Política", Revista de la Cepal N° 44, Agosto 1991.
15. Elías de Dip, L.R. y Rojas, C.L., "Proyecto Pescado III - Informe Económico", diciembre de 1995.

16. Elías de Dip, L.R., "Energía Eléctrica y Medio Ambiente, Zona NOA-Cuyo, Primera Parte", Reunión de Discusión N° 95, Agosto 1995, Instituto de Investigaciones Económicas, de la Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional de Salta.
17. Elías de Dip, L.R., "Sector Energía de la Salta, Introducción y Capítulo 1, Informe Preliminar", Reunión de Discusión N° 86, Diciembre 1994, Instituto de Investigaciones Económicas, de la Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional de Salta.
18. Elías L.R., "Medio Ambiente y Recursos Naturales: Valuación Contingente", COMUNICANDONOS, Revista del Consejo Profesional de Ciencias Económicas de Salta, Diciembre 1998.
19. Ferguson, C.E., "The Neoclassical Theory of Production and Distribution", Cambridge University Press, 1979.
20. Greene, W.H., "Análisis Econométrico", Prentice Hall, 1998.
21. Guifones, H., "Análisis Comparativo de las Tarifas Eléctricas Industriales y Comerciales", Novedades Económicas, Año 15, N° 155/156, Nov/Dic 1993, IIERAL, Fundación Mediterránea.
22. Guissarri, A., "La Argentina Informal", EMECE EDITORES, 1989, Argentina.
23. Hanemann W.M., "Valuing the Environment Through Contingent Valuation", American Economic Association, "The Journal of Economic Perspective", Fall 1994.
24. Krutilla, J., "Conservation Reconsidered", American Economic Review, 1967
25. Mishan, E., "Evaluation of Life and Limb: A Theoretical Approach", Journal of Political Economy, Vol.79, N° 4, July/August 1971.
26. Neder, E. y Shoeters, M.A., "Los Impuestos En la Tarifas Eléctricas Eléctricas Argentinas", Estudios, Año XVII N° 71, Ene/Mar 1995; IIERAL, Fundación Mediterránea .
27. Novara, J., "Evaluación del Impacto Ambiental", Estudios, Año XVII N° 68, Enero/marzo 1994, IIERAL, Fundación Mediterránea.
28. Novara, J., "Integración Económica, Comercio Internacional y Medio Ambiente", Estudios, Año XVII, N°72, Ene/Mar 1995, IIERAL, Fundación Mediterránea.
29. Novara, J., "La Electricidad Nuclear en Argentina", Novedades Económicas, Año 16, N° 157/158, Ene/Feb 1994, IIERAL, Fundación Mediterránea.
30. Pearce, D. W., "Economía Ambiental", Fondo de Cultura Económica, 1976.
31. Portney, P.R., "The Contingent Valuation Debate: Why Economist Should Care", American Economic Association, "The Journal of Economic Perspective", Fall 1994.
32. Schinder, E., "Medio Ambiente y Salud Humana", Módulos I-IV, 1994-1995, Centro Regional de Educación Ambiental, Mar del Plata.



33. Secretaría de Energía, "Anuario", 1982-1989.
34. Secretaría de Energía, "Informes Eléctricos", 1990-1993, 1992-1994.
35. Subsecretaría de Ecología, "Evaluación Rápida de Fuentes de contaminación del Aire, Agua y Suelos", Traducción de WHO OFFSET PUBLICATION N° 62, Septiembre 1984.
36. Sterner, T., "Discounting in a World of Limited Growth", Environmental and Resource Economics, 1994.
37. U.S. Environmental Protection Agency, "Guía del Usuario del Modelo SCREEN 3", EPA - 454/B-95-004, Septiembre de 1995.
38. UNICO INTERNATIONAL CORPORATION SANYO TECHNO MARINE, INC., "Study of air Pollution Control for Thermal Power Plants in The República Argentina", Japan International Cooperation Agency and The Secretary Of Energy Of The República Argentina, September 1994.
39. Vásquez Torre, Guadalupe, "Ecología y Formación Ambiental", Mc Graw Hill, 1996.



## **CASTAÑARES**(Cuadernos del I. I. E.)

Los números publicados con anterioridad son los siguientes:

- 1 - DEL REY, E.C., BASOMBRIIO, M.A., ROJAS, C.L., Y GUZMAN, M.M.: Costos de la Prevención del Mal de Chagas: Control del Vector - Cuaderno N° 1, Año I, Mayo de 1993.
- 2 - ANTONELLI, E.D.: Matriz de Insumo-Producto de la Provincia de Salta - Cuaderno N° 2, Año I, Diciembre de 1993.
- \*3 - ANTONELLI, E.D.: La política Económica en Salta en el Período 1976-1983 - Cuaderno N° 3, Año II, Julio de 1994.
- \*4 - DEL REY, E.C., BASOMBRIIO, M.A. y ROJAS, C.L.: Beneficios Brutos de la Prevención del Mal de Chagas - Cuaderno N° 4, Año III, Mayo de 1995.
- 5 - ANTONELLI, E.D. y LORENTE, M.D.: La política Económica en Salta en el Período 1984-1987 - Cuaderno N° 5, Año II, Septiembre de 1995.
- 6 - DEL REY, E.C., BASOMBRIIO, M.A. y ROJAS, C.L.: La Prevención del Mal de Chagas: Rendimiento Económico - Cuaderno N° 6, Año III, Diciembre de 1995.
- 7 - ANTONELLI, E.D. y LORENTE, M.D.: Análisis de la Deuda Pública de Salta entre 1980-1995 y Recálculo de su Nivel en 1991 - Cuaderno N° 7, Año IV, Mayo de 1996.
- 8 - ANTONELLI, E.D.: La política Económica en Salta en el Período 1988-1991 - Cuaderno N° 8, Año IV, Agosto de 1996.
- 9 - ANTONELLI, E.D.: La política Económica en Salta en el Período 1992-1995 - Cuaderno N° 9, Año V, Mayo de 1997.
- 10 - PAZ, J.A.: Tres Ensayos sobre el Descenso de la Mortalidad - Cuaderno N° 10, Año VI, Junio de 1998.
- 11 - ANTONELLI, E.D. y LORENTE, M.D.: Estimación de la Balanza Comercial de Salta - Cuaderno N° 11, Año VI, Julio de 1998.
- 12 - PAZ, J.A.: Participación Económica de la Mujer en Salta (1991-1996) - Cuaderno N° 12, Año VI, Diciembre de 1998.
- 13 - DEL REY, E.C., BASOMBRIIO, M.A., ROJAS, C.L. y SANCHEZ WILDE, A.M.: Metodología para Analizar Costos y Beneficios de la Prevención de la Malaria - Cuaderno N° 13, Año VII, Junio de 1999.

14 - PAZ, J.A.: Diferencias de Ingresos entre Géneros en Salta (1984-1998) - Cuaderno N° 14, Año VII, Diciembre de 1999.

15 - AGUIRRE, A. y AGUIRRE, L.A.: Un Análisis de los Precios del Novillo en el Estado de São Paulo Usando Modelos Univariados No Lineales - Cuaderno N° 15, Año VIII, Octubre de 2000.

16 - PAZ, J.A.: El Mercado de Trabajo en Salta entre 1984 y 2000 - Cuaderno N° 16, Año IX, Junio de 2001.

\*Agotado. Sin embargo, el (los) autores puede (n) proveer una copia (que no tendrá la forma de Cuaderno) si es solicitada.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS, JURIDICAS Y SOCIALES

Buenos Aires 177

(A4402FDC) - Salta - Rep. ARGENTINA