

ESTUDIO DEL CAMBIO TÉCNICO Y CRECIMIENTO DEL SECTOR
METALÚRGICO Y METALMECANICO DEL VALLE DEL CAUCA, ENTRE LOS
AÑOS (1970-1998)

MARIA ELBA GONZALEZ COPETE

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES
PROGRAMA DE ECONOMIA Y FINANZAS INTERNACIONALES
SANTIAGO DE CALI
2001

ESTUDIO DEL CAMBIO TÉCNICO Y CRECIMIENTO DEL SECTOR
METALÚRGICO Y METALMECANICO DEL VALLE DEL CAUCA, ENTRE LOS
AÑOS (1970-1998)

MARIA ELBA GONZALEZ COPETE

Trabajo de grado para optar al título de
Economista

Director
HENRY CAICEDO ASPRILLA
Economista

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES
PROGRAMA DE ECONOMIA Y FINANZAS INTERNACIONALES
SANTIAGO DE CALI
2001

Nota de aceptación

Aprobada por el comité de grado
en cumplimiento de los requisitos
exigidos por la Corporación
Universitaria Autónoma de
Occidente para optar el título de
Economista.

Emma Beatriz Castro
Presidente

Guillermo Aponte
Jurado

Carlos Isaziga
Jurado

Santiago de Cali, Septiembre 17 del 2001

AGRADECIMIENTOS

Mi principal agradecimiento a Dios, nuestro padre celestial, supremo creador, que nos ha prestado la vida y nos ha nutrido de sabiduría y conocimiento, los cuales he acatado y estoy dispuesto a compartir con los demás.

Mis mas sinceros agradecimientos a mi director de tesis, el profesor Henry Caicedo Asprilla, Economista, quien decididamente me brindo su tiempo, dedicación y grandes conocimientos haciendo posible la realización de este trabajo.

A la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, por apoyarme abiertamente en la elaboración de este trabajo de grado y a través del mismo obtener el título académico profesional.

Y muy especialmente a todas aquellas personas dotadas de amor y de paciencia que desde el inicio de mi carrera supieron brindarme su amistad y conocimiento, para así encaminarme de una mejor manera para hoy ver culminados mis anhelos. GRACIAS.

DEDICATORIA

Con la sencillez y humildad de un corazón agradecido, dedico este trabajo a mis queridos padres, quienes con su paciencia e incondicional apoyo doblegaron su lucha dominada con el único afán de ver alcanzado un sueño en su hija. La obtención no sólo de un título académico profesional sino el enriquecimiento del saber.

CONTENIDO

	Pág
0. INTRODUCCIÓN	1
0.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
0.2 HIPÓTESIS GENERAL	4
0.3 HIPÓTESIS ESPECIFICA	4
0.4 OBJETIVOS	5
0.4.1 Objetivos generales	5
0.4.2 Objetivos especificos	5
0.5 JUSTIFICACION	5
0.6 ANTECEDENTES	6
0.7 MARCO TEORICO	11
1. ANTECEDENTES DEL SECTOR METALÚRGICO EN EL VALLE DEL CAUCA	19
1.1 INVERSIÓN EN TECNOLOGÍA	24
1.2 FORMACION DEL RECURSO HUMANO EN EL PROCESO PRODUCTIVO	36
2. MODELO TEORICO	40
2.1 EL MODELO NEOCLÁSICO CON PROGRESO TÉCNICO	45
2.2 PROCESO DE EXOGENEIDAD DEL CAMBIO TÉCNICO EN EL SECTOR METALURGICO	46
2.2.1 Neutralidad del progreso técnico	50
2.3 CALCULO DEL RESIDUO O PTF	52

2.3.1 Problemas de la estimación de la Productividad Total de los Factores	54
3. RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN Y TÉCNICAS DE MEDICION	61
3.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	61
3.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO PARA EVALUAR LA LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SECTORES METALURGICO Y METALMECANICO EN EL VALLE DEL CAUCA	65
3.2.1 Determinación y construcción de las variables del modelo en el sector metalúrgico y metalmecánico	69
4. ANALISIS DE RESULTADOS	74
4.1 COMPORTAMIENTO DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DEL SECTOR METALURGICO Y METALMECANICO DEL VALLE DEL CAUCA	75
4.1.1 Participación de los factores en el crecimiento del sector metalúrgico y metalmecánico	76
4.2 INCIDENCIA DE LAS VARIABLES: EXPORTACIONES, IMPORTACIONES Y CONSUMO INTERMEDIO EN LOS NIVELES DE PRODUCCION DEL SECTOR METALURGICO Y METALMECANICO, COMO EXPLICATORIAS DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES (PTF)	83
5. CONCLUSIONES	86
6. RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFIA	91

LISTA DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Productividad conjunta de los factores.	6
Cuadro 2. Bienes de capital, producción y comercio de algunos Países en desarrollo, 1982.	27
Cuadro 3. Tecnología manual tradicional.	30
Cuadro 4. Los tres tipos de generaciones que dan origen a los Diseños tecnológicos en el sector de bienes de capital.	32
Cuadro 5. Tecnología mecánica electrónica.	35
Cuadro 6. Factores de crecimiento del valor agregado.	82
Cuadro .7 Tasas de crecimiento.	83

LISTA DE GRAFICOS

	Pag
Gráfico 1. Evolución del VARP del sector metalúrgico y Metalmecánico del Valle del Cauca (1970-1998).	3
Gráfico 2. Contribución de los factores al crecimiento del Producto del sector metalúrgico y metalmecánico	79
Gráfico 3. Tendencia de residuales	112

LISTA DE ANEXOS

	Pag
Anexo A. Estadísticas del sector metalúrgico y metalmeccanico en el Valle del Cauca	96
Anexo B. Modelos Econométricos	100
Anexo C. Tasas de Crecimiento	102
Anexo D. Pruebas Econométricas	105

RESUMEN

El presente trabajo investiga sobre el conjunto de factores determinantes del crecimiento económico del sector metalúrgico y metalmeccánico en el Valle del Cauca entre los años (1970-1998).

La investigación se enmarca dentro de la teoría de Robert Solow, pues a él se le debe gran parte de la contribución al crecimiento exógeno, a través de un factor "A" o residuo de Solow; el cual recoge los cambios en la productividad. Para desarrollar este estudio se tuvieron en cuenta los siguientes supuestos: - Se tomo una función de producción tipo Cobb-Douglas, homogénea, lineal de grado uno, se retribuyen a los factores productivos el valor de sus productos marginales (teorema de Euler) y la tasa marginal de sustitución entre los factores permanece constante. Entonces la función es la siguiente:

$$Y = A L^{\alpha} K^{\beta}$$

Donde:

α : (1- β) Es la participación de la mano de obra en el producto, elasticidad de la mano de obra.

β : Es la participación del capital en el producto, elasticidad del capital.

Y : Es el Valor Agregado real per cápita del sector.

A : Es el residuo o PTF e involucra las exportaciones, importaciones y consumo intermedio.

L : Es la mano de obra (sueldos y salarios).

K : Nos representa el stock de capital.

Para hallar las tasa de crecimiento de K y L se recurre a algunas operaciones matemáticas a través de las siguientes ecuaciones:

$$\dot{Y}_t = \mu_t + \beta \dot{K}_t + (1-\beta) \dot{L}_t \quad \text{y calculando} \quad \mu_t = \dot{Y}_t - \beta \dot{K}_t - (1-\beta) \dot{L}_t$$

Donde μ_t , es la tasa de progreso técnico, el cual es calculado como un residual.

De los datos hallados en el DANE se escogieron aquellas actividades cuyo elemento esencial fuera el hierro y el acero, se escogieron seis variables: Valor Agregado (VARP), Sueldos y Salarios (SSRP), Stock de Capital (KRP), Exportaciones (XRP), Importaciones (MRP) y Consumo Intermedio (CIRP); todas en términos real per cápita para así poder trabajar con ellas en el ejercicio econométrico. La variable VARP nos representa la variable dependiente y KRP y SSRP nos representa las variables independientes. Las tres últimas variables aparecen como explicatorias de la PTF que se calcula así: a la tasa de crecimiento de la producción se le resta la suma de las variables: resultado de la participación (elasticidad) de cada variable en el costo total multiplicada por su respectiva tasa de crecimiento para cada año.

Después de una serie de pruebas econométricas y cálculos matemáticos se obtuvo la contribución de cada factor y se obtuvo como resultado que la PTF es la que más aporta al crecimiento del sector con un 66%, esta variable incluye importaciones, exportaciones y consumo intermedio, le sigue el capital con el 19% y por último la mano de obra con un 15%. Lo cual sugiere que la poca participación de la mano de obra se debe a la reestructuración e incorporación

de nuevas tecnologías y con respecto al capital, aunque se han hecho inversión en nuevas tecnologías, esta no ha sido suficiente pues los resultados no han sido los deseados.

0. INTRODUCCIÓN

Diferentes estudios referentes al Sector Metalúrgico y Metalmecánico del Valle del Cauca, evidencian que este sector ha venido presentando un estancamiento y atraso; es decir, el proceso de modernización ha sido lento, lo cual impone la búsqueda de competitividad en un mercado ampliado, además de que es necesario sentar las bases que permitan tener unas respuestas efectivas a la problemática de desarrollo de las empresas del sector.

En la década de los 90 se implementó un modelo de apertura económica, con el propósito de modificar la competencia y acelerar el proceso de modernización tecnológica de las empresas del sector; con dicho modelo se pretendía que las firmas comercialmente importaran maquinaria y equipo, que les permitiría ser más competitivas, aunado a este proceso las instituciones educativas debían preocuparse por la formación de recursos humanos especializados necesarios para el manejo de dichas máquinas y equipos.

A partir del año 90, se han venido realizando inversiones en el sector orientadas a la ejecución de proyectos específicos de asistencia técnica externa con el fin de mejorar la capacidad técnica de las empresas; a la formación de recursos humanos especializados, incorporación del diseño industrial como operación esencial en los procesos de producción: El Control

Numérico Computarizado, los robots, el CAM y el CAD (conjunto de nuevas tecnologías).

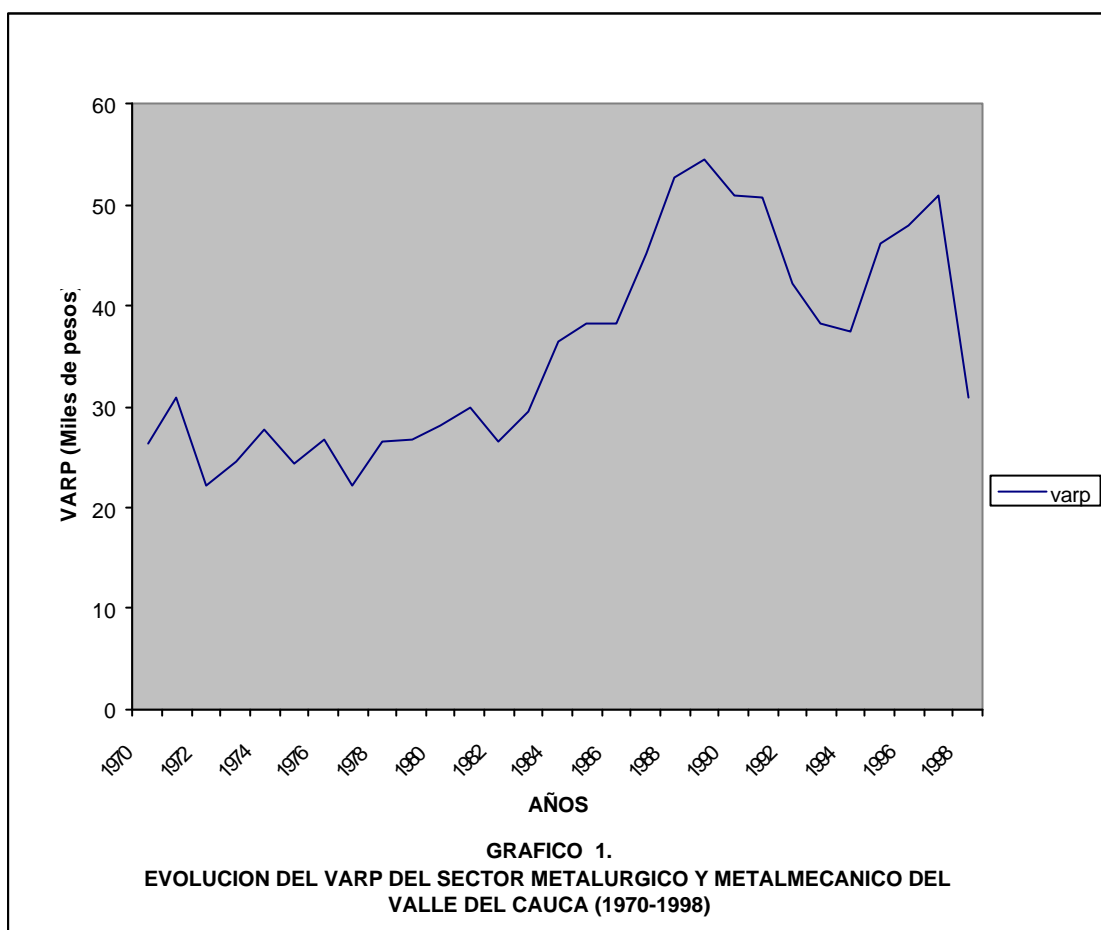
Sin embargo a pesar de los esfuerzos, introducción de tecnologías e implementación de políticas; los resultados en el sector han sido menos que alentadores. Como lo indica un estudio realizado por Alba Zulay Cárdenas E.¹, la infraestructura tecnológica continúa siendo muy deficiente en comparación con la de otros países latinoamericanos: Brasil, México y Venezuela.

Esta investigación pretende precisar el por qué el sector metalúrgico y metalmecánico del Valle del Cauca ha experimentado un proceso de crecimiento lento e incipiente para el período objeto de estudio (1970-1998). De igual manera se busca establecer si el nivel de desarrollo tecnológico ha contribuido en alguna medida a una mayor competitividad del sector.

Se propone por tanto, desarrollar y aplicar una metodología de función de producción tipo Cobb-Douglas, utilizando información secundaria obtenida de la Encuesta Anual Manufacturera realizada por el DANE. Esta metodología permite precisar cual es la contribución de los factores de producción al crecimiento del producto del sector, así como también la proporción en que contribuye el residuo (PTF); para determinar qué otras variables además del trabajo y del capital están aportando a dicho crecimiento.

¹ CÁRDENAS ESCOBAR, Alba Zulay, "Impacto de la Tecnología en la Competitividad del Sector Siderúrgico Colombiano", 1998, Memos de Investigación, Universidad de los Andes, págs. 1-12.

01. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



La gráfica 1. Representa el comportamiento del valor agregado real del sector metalúrgico y metalmeccánico en el Valle del Cauca entre los años 1970 y 1998, dicha gráfica muestra que el sector metalúrgico mostró un crecimiento fluctuante y leve entre 1970 y 1998, para la década de los 90 este crecimiento se convirtió en un estancamiento notable y constante, incluso hasta finalizar dicha década. Este estancamiento ha generado una serie de problemas para el sector debido a las exigencias del mercado. Es por ello que se necesita saber el porqué del freno o estancamiento del crecimiento del sector y precisar que

papel ha jugado la tecnología, para luego demostrar que tanto ha sido su contribución o participación a dicho sector.

02. HIPÓTESIS GENERAL

El aporte de los factores al crecimiento del producto del sector metalúrgico y metalmecánico ha sido bajo, no ha habido cambio técnico incorporado en el capital, tecnologías duras² y en la mano de obra, tecnologías blandas³; que genere una mayor dinamización del sector.

03. HIPÓTESIS ESPECIFICA

La estrategia de crecimiento se ha basado en consumo intermedio, exportaciones e importaciones; el impacto de estas variables en la contribución al crecimiento del sector ha sido fluctuante, irregular, lo que no ha permitido una estabilidad en el crecimiento.

² Se entiende por tecnologías duras, las modificaciones continuas a los equipos y procesos. Fainboim Y. Israel, "La Política Tecnológica, Columna Vertebral de la Política Industrial", en: Garay Luis J. Ed., Estrategia Industrial e Inserción Internacional, Fescol, 1992, pág.142.

³ Se entiende por tecnologías blandas, la introducción de mejoras organizativas y administrativas que incrementan la productividad, por ejemplo: "calidad total", manejo de inventarios "justo a tiempo". Garay Luis J., ibid, pág.142.

0 4. OBJETIVOS

0 4.1 Objetivo general

Identificar las causas ó los determinantes del estancamiento de la tecnología en el sector metalúrgico y metalmecánico en el Valle del Cauca entre los años 1970-1998.

0 4.2 Objetivos específicos

1. Calcular la productividad total de los factores (PTF) en el sector metalúrgico en el Valle del Cauca entre los años 1970-1998.
2. Identificar el conjunto de factores que contribuyen al crecimiento de la productividad total de los factores.
3. Proponer recomendaciones y políticas que contribuyan al crecimiento del sector metalúrgico y metalmecánico.

0 5. JUSTIFICACIÓN

Se puede decir que durante el período analizado este sector ha manifestado fuertes fluctuaciones con leves crecimientos mas notables para finales de la década de los 80, por lo que se ha visto estancado (Ver Gráfica 1.); es por ello

que se pretende dar a conocer los factores que intervienen en la productividad del sector metalúrgico y metalmecánico y en qué proporción lo hacen, para luego proponer recomendaciones y políticas que contribuyan al crecimiento del sector y de hecho se pueda ver reflejado en la población Vallecaucana; ya que el desarrollo tecnológico de este sector incide en el ingreso de las industrias, y esto da lugar a que se generen mayores excedentes, que pueden ser reinvertidos por las empresas para aumentar sus flujos de capital y al mismo tiempo contribuyan al bienestar social y así se generen nuevos empleos a las familias.

0 6. ANTECEDENTES

Determinar el papel que juega el progreso técnico en el desarrollo del sector metalúrgico en el Valle del Cauca, es una investigación que trata de explorar cual es el nivel de relación entre estos dos fenómenos. Por tanto, es un intento de avanzar en la comprensión de estos dos fenómenos y así determinar que tanta es la incidencia que tiene el progreso técnico sobre el crecimiento del sector metalúrgico y así establecer si este es un factor obstaculizador o acelerador al interior de dicho sector.

Es importante empezar a investigar la relación que tiene el sector metalúrgico en el departamento del Valle del Cauca, como base para el crecimiento de la industria Vallecaucana. Para lo cual se hizo necesario tomar como base la teoría del crecimiento exógeno de Robert Solow.

En comparación con el resto de los sectores, la industria es uno de los sectores que más aporta al desarrollo del Valle del Cauca, especialmente en lo que tiene que ver con la actividad productiva de su área metropolitana.

Entre la década de los ochenta y noventa (Ver gráfica 1.), el sector metalúrgico especialmente, al igual que el resto de la actividad económica, presenta signos de estancamiento y aún de retroceso, se puede decir que dicho estancamiento se debe a la ausencia de niveles estables de eficiencia productiva, junto con la constante opción de desarrollo, basada en el crecimiento autónomo y doméstico. Es decir, que hemos cerrado las puertas a la tecnología extranjera, lo que explica en parte por que el sector metalúrgico Vallecaucano no ha desarrollado ni mantenido sólidos nexos con la economía mundial, como también el que la composición de su propia estructura se haya mantenido invariable a través de los últimos años.

En el período de estudio del presente trabajo, Colombia se encuentra en un proceso de transición, por la institucionalización de un nuevo modelo de desarrollo, guiado a suponer la crisis estructural de épocas anteriores. Es así como la aparición de cambio tecnológico en el sector metalúrgico eleva la productividad y aumenta la capacidad tecnológica, factor fundamental hacia el avance de nuevos niveles de productividad.

Los factores determinantes de la coyuntura que enfrenta el Valle del Cauca no son claros, pero ellos en alguna medida están relacionados con las condiciones de productividad del sector, por lo cual se ve la necesidad de medir la productividad del sector metalúrgico del Valle del Cauca, utilizando como

indicador la Productividad Total de los Factores (PTF), que es una relación entre productos e insumos.

Hasta el presente son pocos los estudios sobre tecnología y su incidencia en el sector metalúrgico, tanto a nivel departamental como nacional, que se han realizado (básicamente los estudios se limitan a las encuestas de opinión trimestral y anuales presentadas por FEDEMETAL, en las cuales se toca tangencialmente estos aspectos).

Entre los pocos estudios se encuentran el documento de Alba Zulay Cárdenas E.⁴, Impacto de la Tecnología en la Competitividad del Sector Siderúrgico Colombiano, documento con el cual la autora persigue establecer el nivel de desarrollo tecnológico del sector siderúrgico y la incidencia de este en la competitividad.

Mario Alberto Gaviria y Hedmann Alberto Sierra⁵, realizan un trabajo sobre Medición de la Productividad en la Industria Manufacturera Risaraldense, el cual busca confrontar los factores determinantes de la coyuntura que enfrenta la Industria Risaraldense, los que de alguna forma están relacionados con las condiciones de productividad del sector; por lo cual se ve la necesidad de medir la productividad del sector Manufacturero utilizando como indicador la PTF.

⁴ CÁRDENAS, Alba Zulay, *ibid*, págs. 1-11.

⁵ GAVIRIA, Mario A. y SIERRA, Hedmann A., "Medición de la Productividad en la Industria Manufacturera Risaraldense", *Revista Académica Institucional, Universidad Católica Popular de Risaralda (UCPR)*, 1998, págs. 1-17.

En este estudio que se hizo en forma agregada para el período (1971-1995), se obtuvo como resultado que la contribución promedio en el crecimiento anual del valor agregado, de la mano de obra para la década del 70 fue del 5.11% más alta que la del capital que fue del 3.71%, la contribución de la PTF es de -1.54%; para la década del 80 se invierte esta contribución siendo más alta la del capital con el 3.12% y la mano de obra el -0.38%, la PTF con el 2.75%; para la década del 90 la contribución del capital es de 3.81% y la mano de obra 0.99%, la PTF con el -2.44%. Pero ante todo se encontró que contrario a la hipótesis este sector presentaba rendimientos crecientes a escala. Faltaría ver el mismo estudio en forma desagregada por ramas de la industria y así saber que resultados arroja.

En esta misma línea también encontramos el estudio de Manuel Guillermo Bonilla⁶, sobre Tendencias de la Productividad en la Industria Manufacturera Colombiana (1974-1989); estudio que tiene como propósito la medición de la productividad industrial con miras a identificar los cambios sectoriales a través del período en cuestión y así poder captar las fluctuaciones de la productividad que implicarían tanto la crisis como las condiciones que dan forma al estancamiento industrial, y por ende identificar los sectores que han tenido tasas expansivas a través de la PTF. Este estudio permitió analizar el desempeño industrial reciente y su relación con la dinámica de acumulación y productividad en Colombia en el período en cuestión.

⁶ BONILLA, Manuel G., "Tendencias de la productividad en la Industria Manufacturera Colombiana", GARAY, Luis J, *ibid*, 1992, pags. 277-370.

Se concluye en este estudio que no es posible afirmar que el crecimiento industrial en los últimos 15 años haya basado su dinámica en la expansión de los niveles de productividad, como tampoco se puede afirmar que cambios significativos hayan estado ausentes. Lo cierto es que el reciente crecimiento industrial no contiene cambios importantes de productividad y que gran parte de los sectores no se encuentran ni siquiera en los puntos donde se encontraban los niveles técnicos de antes de la crisis de la década de los 80. De manera que para que la industria Colombiana salga de ese debilitamiento productivo se hace necesario la implementación y puesta en práctica de un modelo diferente con miras a reestructurar los sectores de baja productividad a sectores con mayor futuro y competitividad operando con un proceso de apertura al mercado internacional e internacionalización creciente de la economía.

Juan José Echavarría en su estudio "Cambio Técnico, Inversión y reestructuración Industrial en Colombia", muestra el comportamiento cíclico de la productividad industrial en Colombia, donde discute la validez de la hipótesis tradicional al afirmar que el cambio técnico se agotó desde 1974; pero al hacer la respectiva investigación encuentra que el crecimiento industrial a partir de la segunda década del 70 se debió en un 50% al cambio técnico⁷, y que este solo habría disminuido a partir de la década de los 80 debido a que la inversión no fue acompañada por mayor producción, puesto que la industria invirtió

⁷ De acuerdo con Echavarría el crecimiento del cambio técnico durante los 70 obedeció a la mayor productividad del capital, en razón a que el valor agregado siguió creciendo aun cuando se detuvo la inversión y la productividad del trabajo permaneció relativamente estancada (Echavarría J., "Cambio Técnico, Inversión y reestructuración industrial en Colombia", Coyuntura Económica, Fedesarrollo, op. Cit., pág.116).

masivamente durante la década anterior e hizo un drástico ajuste laboral; hecho que convierte la industria Colombiana en una situación de “mayor competitividad potencial a la que se supone”, de lo cual nos trae como consecuencia que el aparato industrial Colombiano se está preparando para enfrentar el reto de la apertura.

Solow realizó un estudio para la economía Norteamericana entre los años 1909-1949, haciendo uso de una función de producción tipo Cobb-Douglas precisó la incidencia del cambio técnico en esta economía y su influencia en los factores productivos capital y trabajo, además evalúa el comportamiento de la productividad durante este período. Concluye que el progreso técnico explica en gran proporción el crecimiento de la economía Norteamericana en el período de estudio.

07. MARCO TEORICO

La economía mundial en los años setenta se caracterizó por la notable disminución de la bonanza que se venía presentando hasta después de la postguerra, fue entonces cuando los encargados –economistas y otros, etc- de hacer política en países desarrollados se percataron de la problemática; pues la productividad del trabajo se desaceleraba, al mismo tiempo que crecía a un ritmo sostenido en los países occidentales.

Estos argumentaban que este problema se originaba por la excesiva intervención del Estado –Con políticas Keynesianas- exigían así la participación del sector privado a través de mercado eficientes, como también aducían que el mejoramiento del proceso productivo dependía no solo del esfuerzo de los trabajadores sino también del capital que se utilice, de la administración y de su calidad. Fue entonces cuando se buscaron evidencias para demostrar la caída de la productividad en los países desarrollados, por medio de una teoría realizada en los años cincuenta; denominada “Productividad Total de los Factores” (Ver Cuadro 1.).

CUADRO 1. Productividad conjunta de los factores (1913-1984). (Tasa de crecimiento promedio anual compuesta).

	1913-1953	1950-1973	1973-1984
Francia	1.42	4.02	1.84
Alemania	0.86	4.32	1.55
Japón	1.10	5.79	1.21
Holanda	1.25	3.35	0.81
Reino Unido	1.15	2.14	1.22
Estados Unidos	1.99	1.85	0.52
Promedio	1.30	4.58	1.19
Fuente: Aynus Madisson, Op. Cit.,p.665			

El cuadro 1. muestra la Productividad Conjunta de los Factores para el período (1913-1984), de los países desarrollados: Francia, Alemania, Japón, Holanda, Reino Unido y Estados Unidos; distribuido en tres subperiodos: (1913-1953), (1950-1973) y (1973-1984).

Comparando los dos primeros subperíodos se observa una productividad conjunta de los factores para el segundo subperíodo de 4.58 mayor que la del primer subperíodo 1.30. Los países que presentan una mayor tasa de crecimiento para el segundo subperíodo son: Japón con 5.79%, Alemania con 4.32% y Francia con 4.02%; Estados Unidos presenta una disminución en su tasa de crecimiento respecto a la del subperíodo anterior, al pasar de 1.99% a 1.85%.

Para el tercer subperíodo se puede observar una caída notable en el promedio de la Productividad Conjunta de los Factores al pasar de 4.58% a 1.19%; explicada por el descenso general de las tasas para todos los países.

Hacia los años ochenta se dio el retorno del pensamiento Neoliberal y de políticas económicas ortodoxas en los países desarrollados y después estas se expandieron por el resto del mundo. Esto se debió al abuso de la política de estímulo a la demanda, lo que conllevó a acelerar la inflación y a deteriorar el crecimiento en la década anterior.

Es importante denotar dos importantes campos de reflexión sobre la intervención del estado en la economía: La teoría del Comercio Internacional y

la teoría del Crecimiento Endógeno; la primera presenta claras insuficiencias de la teoría para explicar el incremento del intercambio entre países con similares estructuras industriales y niveles de desarrollo. La segunda surge ante la distinción entre ciclo y crecimiento como reacción a la problemática económica de las diversas teorías del crecimiento; “así como las respuestas heterodoxas y ortodoxas a la cuestión planteada por Harrod sobre la posibilidad de la existencia de un crecimiento equilibrado”⁸

La integración de ciclo y crecimiento, originados en distintas escalas de tiempo pertenecen a los llamados modelos del Ciclo Real (RBC), cuyos autores plantean que estos comportamientos cíclicos pueden representarse en un marco teórico mínimo donde únicamente incluyen las hipótesis esenciales del equilibrio general.

Otro grupo de ideas está asociada a los rendimientos crecientes en la teoría del crecimiento económico. Para la teoría Neoclásica un equilibrio competitivo se puede comparar con un óptimo de Pareto⁹.

Dicha optimalidad no significa un todo, ya que pueden llegar a desaparecer rápidamente sino se cumplen algunas hipótesis, en especial si existen imperfecciones del mercado. Hipótesis que pueden ser del orden de: técnicas institucionales e información distorsionada. En la primera se habla de bienes colectivos, externalidades (producción, consumo) y las no convexidades

⁸ LÓPEZ, Enrique A., “La Intervención Estatal en las Teorías del Crecimiento Endógeno y del Comercio Internacional”, Garay Luis J. Ed., *ibid*, pág. 72.

⁹ En un óptimo de Pareto no es posible, bajo condiciones de competencia perfecta, reasignar los factores de producción o redistribuir los bienes consumidos mejorando simultáneamente la utilidad de todos los consumidores.

(rendimientos crecientes en la producción); en la segunda, se presenta cuando existen razones que perturban la determinación competitiva de los precios (rigidez de precios, ausencia de mercado, individualidad de precios) y la última se presenta cuando la información recibida no es real –y distorsionada- lo que conlleva a que los agentes no sean competitivos con relación al mercado.

Los modelos neoclásicos del desarrollo en las décadas del cincuenta y sesenta se basaban en la teoría Walrasiana de un equilibrio general a una dinámica de crecimiento. Esta hipótesis Walrasiana fue difícil de usar en una economía cerrada que produce un solo bien pero sostienen un modelo de acumulación de capital.

Este enfoque fue una de las respuestas al cuestionamiento del crecimiento equilibrado de pleno empleo hecho por Harrod (1948)¹⁰, donde la diferencia entre las tasas de crecimiento, de equilibrio y natural llevó a desequilibrios en el crecimiento.

Solow (1956) “quiso contrarrestar la teoría de Harrod de una función de producción a factores complementarios, donde no se podía sustituir el capital y el trabajo, por una en que esto fuera posible; y toda técnica de producción utilizada dependía del comportamiento del empresario representativo”¹¹. Al desaparecer esta hipótesis de complementariedad se siguió el cuestionamiento de la imposibilidad de obtener un crecimiento equilibrado de pleno empleo.

¹⁰ LÓPEZ, Enrique A., *ibid*, pág. 72.

¹¹ LÓPEZ, Enrique A., *ibid*, pág.73.

En Solow (1956), ninguna contradicción simple entre la tasa natural de crecimiento y la necesaria era posible, pero si se lograba sustituir el capital y el trabajo en función de sus precios relativos, se podrá adecuar la tasa necesaria a la natural variando el coeficiente de K (capital); lo que preocupaba era que los equilibrios podían llevar a un estado estacionario.

Se conservaban condiciones de competencia perfecta en los mercados de productos y de factores, y la hipótesis fundamental de convexidades técnicas. La función de producción estaba caracterizada por la disminución de productividades marginales de factores y por los rendimientos constantes a escala¹². Una limitante de esta hipótesis fue los rendimientos constantes a escala que impedían la obtención de una tasa de crecimiento no nula a largo plazo. El crecimiento sólo se presentaba si crecía la población activa – crecimiento exógeno-, pues no dependía de los agentes ni de la fiscalidad (Romer, 1987).

Para que el crecimiento pudiera ser sostenido por la acumulación de factores se necesitaba de un progreso técnico¹³, ya que producía un desplazamiento hacia arriba de la función de producción que era en insumos físicos o hacia el origen que representaba el progreso técnico. Y cuando a esta función se le adicionaba la variable tiempo –variable independiente exógena- esta

¹² Esta propuesta significa que si los factores se complementan en igual proporción, el producto se incrementará en la misma proporción (homogeneidad de grado 1); es decir, la productividad promedio del factor es invariable a la escala de producción y sólo depende de la proporción entre los factores.

¹³ Progreso técnico, definido como el avance del conocimiento en los métodos de producción.

representaba el conocimiento acumulado y era tomado como un tercer factor de producción.

Posteriormente Arrow¹⁴ creó un modelo basado en el crecimiento óptimo, en el cual el aprendizaje es el crecimiento del individuo; y su proceso de cambio técnico era considerado como un proceso deficiente de aprendizaje donde el hombre era el que trabajaba.

El trabajo de Romer¹⁵ –Iniciación de los rendimientos crecientes 1986- es el inicio de la teoría contemporánea de crecimiento endógeno. Romer consideraba el supuesto de que dado una economía de competencia perfecta existen firmas que actúan racionalmente, disponiendo de tecnología, la cual se le incorpora trabajo y otro factor llamado conocimiento que actúa a nivel social y privado.

Romer (1990) introduce el factor Investigación y Desarrollo, mostrando que en un proceso productivo se distinguen insumos valiosos que pueden ser usados simultáneamente en mas de una actividad. Los bienes de consumo con esta propiedad se consideran como bienes no rivales, ej: diseño de un chip, un dibujo mecánico, una fórmula metalúrgica con insumos no rivales en la producción.

¹⁴LÓPEZ, Enrique A., ibid, 1992, pag. 75.

¹⁵ LÓPEZ, Enrique A., ibid, 1992, pag. 77.

El conocimiento tecnológico involucra entonces dos propiedades, la no rivalidad –puede ser aprovechado por todos al mismo tiempo- y la exclusión parcial –son excluibles en la medida en que las restricciones (patentes) garantizan la no copia del conocimiento y se obtengan algunos beneficios- al menos en el corto plazo. Como la tecnología posee estas dos características, se genera una convexidad; es decir la curva de costos no toma la forma de “U”.

De acuerdo al caso de Solow que había mencionado anteriormente, si se produce con insumos rivales, se tiene que si se quiere duplicar la producción, es necesario duplicar los insumos, manteniéndose los rendimientos constantes a escala. En el caso de que se produzca con insumos no rivales (tecnología) y con insumos rivales, el producto aumenta más que proporcionalmente el incremento de los insumos rivales.

Si R denota los insumos del rival, N la asignación de insumos no rivales, $F(R,N)$ denota el producto, entonces para valores enteros de $F(\lambda R, \lambda N) > F(\lambda R, N) = \lambda F(R, N)$. Se presenta entonces el proceso de endogenización del cambio técnico, a través de la inversión en investigación, la función de producción experimenta rendimientos crecientes mayor que uno (>1), con costos decrecientes; la introducción de insumos no rivales genera la no convexidad o baja en los costos, de esta forma la producción de las unidades siguientes cuesta menos que la producción de la primera, así la firma podía ahorrar cualquiera de los dos factores: capital y trabajo, dependiendo de los precios y escasez de los factores.

1. ANTECEDENTES DEL SECTOR METALÚRGICO EN EL VALLE DEL CAUCA

La industria metalúrgica en el Valle del Cauca es tal vez una de las más jóvenes de Colombia, sin embargo ha ido ocupando uno de los primeros lugares a nivel nacional en los últimos años.

El sector metalúrgico en el Valle del Cauca estuvo ligado inicialmente con la industria azucarera, que nació a finales del siglo anterior (siglo XIX). Pues éste sector dependía de las decisiones de los azucareros para proveerse de maquinaria y equipos de producción local para los trapiches e ingenios. Para comercializar en mayor escala la metalúrgica en el Valle del Cauca, se hizo necesario un gran auge de la industria azucarera y esto no llegó a materializarse sino hasta ya bien entrados los años 1920.

Seguidamente, la construcción del ferrocarril Cali-Buenaventura y la producción y exportación del café, fueron aspectos que determinaron en la industria metalúrgica y metalmecánica un lugar importante dentro del renglón de actividades que contribuyen al desarrollo económico y social no sólo del Valle del Cauca sino también de Colombia.

A pesar del muy reducido tamaño de los establecimientos, dos grandes empresas permitieron vislumbrar un porvenir más grande para el sector

metalúrgico del Valle del Cauca. En 1924 se constituyó la empresa Industrias Mecánicas Asociadas I.M.A. de Cali, que en 1927, ya tenía contratado tres mil cien pedidos, siendo la mayoría maquinaria agrícola; “Vallejo Steel Work” conocida hoy como Industrias Metálicas de Palmira I.M.P., fue la otra empresa que arrancó hacia el año 1926, empresa que en sus primeros años contaba con casi ochenta obreros¹⁶.

Estas dos empresas: Industrias Metálicas Asociadas e Industrias Metálicas de Palmira, hacia los años veinte fueron las dos grandes precursoras de lo que sería el desarrollo metalmeccánico y metalúrgico de esta región, y que se manifestaría con mayor intensidad a partir de los años cuarenta con la aparición de nuevas empresas. Con el transcurso del tiempo, la segunda empresa I.M.P. (actualmente no se encuentra en el mercado), pasó a convertirse de una empresa de estructura sólida, a constituirse en una de las más importantes no solo del país sino también de América Latina, con la producción de muebles metálicos, tras una etapa de acelerado desarrollo en la que ha sido superada la deficiencia de las industrias locales complementarias.

Hacia 1961 la Siderúrgica del Pacífico “SIDELPA”, fue la pionera de la industria siderúrgica en el Valle del Cauca, ya que cumplió con la importante función de abastecer a la región de acero, hierro y metales no ferrosos, convirtiéndose en motor de desarrollo. SIDELPA, se desarrolló desde un modesto taller que fundó

¹⁶ PLAZAS, Felio, 1987, “El Gremio Metalúrgico en el Valle del Cauca, desde una tachuela hasta un contenedor”, en Carta Metalúrgica, No.365, págs. 32-43.

Don Carlos Calderón, hasta llegar a ser hoy, una de las siderúrgicas más importantes del país y del Grupo Andino.

La producción de aceros finos al carbono, comenzó en 1966, pero la limitación del mercado interno le ha impedido dedicarse exclusivamente a esta rama. Por las mismas razones no se ha podido traducir en grandes volúmenes, el triunfo tecnológico de haber dominado la producción de aceros inoxidable desde 1971.

En el subsector siderúrgico y de fundición, el Departamento del Valle del Cauca se encontraba plenamente abastecido a través de las industrias básicas de hierro y acero y de metales no ferrosos, entre las que se destacan: la Siderúrgica del Pacífico SIDELPA, Compañía Metalúrgica Bera de Colombia, metalúrgicas Mivásquez e industrias Rommel, entre otras; las cuales producen desde perfiles estructurales, plomo, cable rojo en lingotes, hasta prestar servicios en labores directas en control de calidad en conjunto con la Universidad del Valle.

El subsector de la industria de Aluminios cobró gran importancia en el Valle del Cauca con empresas como: Aluminio Nacional S.A., Alúmina e industrias Lehner Ltda., entre otras; las cuales producen aluminio arquitectónico, barras, biseles, ángulos, platinas, etc.

El subsector de accesorios y suministros eléctricos también aportó al desarrollo del departamento, el cual estuvo representado con algunas de las siguientes

industrias: CEAT General de Colombia, Merlin Gerin de Colombia S.A. (industria altamente tecnificada y especializada) y la ya transformada FACOMECA. Su producción varía entre contadores, cables telefónicos, alambres esmaltados, cables industriales, etc.

La gran variedad de industrias metalúrgicas e industrias metalmeccánicas del Departamento del Valle del Cauca se reflejó en la producción de esponjillas para uso doméstico Atila de Colombia Ltda. (actualmente no se encuentra en el mercado), la cual también produjo pinzas para el cabello, alambres delgados, etc. También se encuentra Gillette de Colombia S.A. con la producción de cuchillas y máquinas de afeitar, encendedores, etc; industrias CATO Ltda., la cual se especializó en la producción de tornillos, estufas, tuercas, entre otros productos.

El subsector de accesorios y partes para automotores tiene su fuerte regional en Multipartes Ltda. S.A., que produce espejos para uso automotor, lámparas de doble faz, lámparas exteriores, etc. En su debido momento, la ya desaparecida Monark Colombiana S.A., también aportó al desarrollo de la región con la fabricación de bicicletas y triciclos.

En materia de construcción de tanques para almacenamiento de combustible, carros cañeros, vuelcos, carretillas, estructuras metálicas, cilindros, etc, se encuentra la factoría de industrias Tissot, entre otras industrias.

También encontramos a CARVAJAL S.A. prestigiosa empresa Vallecaucana, que se ubicó dentro de la industria de artes gráficas, creó hacia 1984 la división Metalmecánica, la cual es una de las mejor organizadas del país. Esta división surge a partir de la conversión del sector de mecánica y mantenimiento, para lo cual se construye una planta independiente de 3280 mts² y se dota con las más modernas máquinas –herramientas para esa época.

Esta división de metalmecánica tiene como objetivo automatizar al máximo el proceso de producción, con la elaboración de un diseño en un computador HP9000. Una vez elaborado este diseño, la impresora del computador suministra un plano que es convertido a programa de máquina-herramienta con la ayuda de un computador Mazak-com. Si se trata de una pieza cilíndrica, este programa pasa en cassette a un torno Mazak QT20 o si es una pieza fresada, pasaría a una fresadora Deckel FP42NC. Esta división también dispone de una talladora de engranajes de alta precisión L652 y entre sus planes de renovación y adquisición de equipo figura un centro de mecanizado.

Dentro de este programa de desarrollo también encontramos la consecución de licencias extranjeras para la fabricación y ensamblaje de equipos para artes gráficas para exportación.

De igual manera al interior de esta empresa se halla la producción de Colectoras, las cuales tienen como función intercalar los rollos de formularios impresos en una empresa litográfica. Es decir, intercalar los rollos de papel bond, con el papel carbón, enumerar los formularios, pegar el original y los carbonos a las copias, cortar los formularios o perforar y entregar plegados

según si son formas separables o contínuas. A una velocidad que puede variar entre 200 a 800 pies/minuto. Estas Colectoras, tienen un agregado nacional del 85% puesto que en la construcción de la misma participan empresas –Sidelpa-, talleres contratistas, mano de obra nacional y plantas nacionales entre otras.

Lo anteriormente escrito, hace que el sector industrial del Valle del Cauca (tanto la industria Metalúrgica como la industria Metalmeccánica) ocupe un lugar privilegiado en el panorama nacional.

1.1 INVERSIÓN EN TECNOLOGÍA

El objetivo básico de una política en una empresa es lograr una industrialización dinámicamente eficiente. Teniendo en cuenta primero que todo las consideraciones tecnológicas; puesto que las industrias “líderes a nivel del comercio internacional y del progreso técnico se van modificando... la capacidad de los países para insertarse sólidamente en los mercados internacionales está fuertemente condicionada por su capacidad y por su posibilidad de acompañar las tendencias tecnológicas internacionales” (Fajnzylber, 1992).

La tecnología es un elemento esencial de la competitividad. Sin ella estaremos marginados del proceso y condenados a vivir en el atraso. El conocimiento y la asimilación de las modernas tecnologías harán que la producción de bienes y servicios sean más eficientes. Se ha dicho que no hay modernidad, ni ciencia ni

desarrollo económico sin tecnología y esa es una gran verdad que no podemos seguir ignorando.

Dado el modelo lineal más simple, por P. David, quien afirma “que en los países en desarrollo el cambio tecnológico se produce básicamente vía compra de bienes de capital en el exterior. Las nuevas tecnologías vienen generalmente incorporadas en los bienes de capital, es por ello que hay una relación directa y estrecha entre la acumulación de capital y el cambio técnico. El conocimiento tecnológico mismo constituye un bien público libremente disponible”¹⁷.

Las bondades de la incorporación de nuevas tecnologías en los sistemas productivos, se ven claramente cada día, tales como mejoras en la calidad, disminución de costos por unidad producida, reducción de defectuosos, disminución de costos de almacenamiento, etc. Todo esto como resultado de una eficiente planeación y programación de la producción.

Inicialmente la incorporación de tecnologías en el proceso productivo en Colombia fue lento e incipiente por los altos costos de inversión, por la poca información, por la falta de orientación al respecto, por el muy evidente desestímulo, la falta de apoyo hacia la industria nacional y por el tipo de modelo aplicado entre las décadas de los años sesenta, setenta y parte de los ochenta, el I.S.I. (Industrialización por Sustitución de Importaciones), que implicó un alto grado de proteccionismo hacia la industria nacional.

¹⁷ FAINBOIM YAKER, Israel, *ibid*, pag. 139.

Para la década de los ochenta se hizo importante la incorporación de tecnología de un torno y un centro mecanizado horizontal, el cual le da un empuje no solo al sector metalúrgico sino también a la economía en general; pues estos le garantizan una mayor precisión y rapidez en la fabricación de los componentes para los diferentes productos del Sector Metalmeccánico.

Hacia finales de la misma década, la inversión en tecnología se hizo más amplia, pues se tenía por objetivo una mejor y mayor producción. La introducción e incorporación de equipos de control numérico computarizado, C.N.C., fue novedoso por sus aportes al proceso productivo, dichos aportes se dieron en dos frentes: tanto en la parte mecánica, con los avances más notables hacia el aumento en la velocidad de los desplazamientos; con la incorporación en la mayoría de los equipos de un conjunto de bolas recirculantes montadas y precargadas, las cuales han permitido movimientos de hasta 30 mts/min en los desplazamientos, como también en la parte electrónica, pues los avances en los controles computacionales han sido mayores, por lo cual se programó el perfil de la pieza terminada, teniéndose así una amplia gama de "ciclos terminados" para varios trabajos como taladrado, roscado, ranurado, desahogo cilindrado, entre otros, lo que facilita y agiliza la programación.

La incorporación a los equipos del CNC de una transmisión de potencia es otro de los avances que hacen que las piezas y las partes agregadas (piñones helicoidales, reductores y motoreductores) por transmisión de potencia en las máquinas, le garanticen la calidad del producto al comprador.

También dentro de estos avances se encuentra la fabricación de acoples de pines pasantes, con tecnología europea, la cual hace que estas sean competitivas frente a los productos importados, no solo por la calidad y el precio, sino también por poseer garantía de suministro inmediato.

Como podemos observar, en esta década Colombia se caracterizó fundamentalmente por que la tecnología generalmente era importada, lo cual se puede observar en el cuadro 2., el cual nos refleja la balanza de bienes de capital para 6 países, que siempre es negativa: Brasil, México, Argentina, Venezuela, Colombia y Perú; donde se puede observar que Venezuela presenta la Balanza Comercial negativa con -5449 millones de dólares, seguido de México con -5151 y Argentina con -3715 millones de dólares, Colombia presenta la misma tendencia con -1119 millones de dólares; y la tasa de adquisición nacional interna que siempre es menor al 50% del consumo total de estos bienes.

CUADRO 2. Bienes de capital, producción y comercio de algunos países en desarrollo, 1982

PAIS	VALOR AÑADIDO*	IMPOR M*	EXPOR X*	BAL.COM. BC*	TASA DE ADQUIS. $P_n - X / P_n + M - X$
BRASIL	11720	3443	1390	-2053	88
MÉXICO	6591	5787	636	-5151	71
ARGENTINA	0	4240	525	-3715	54
VENEZUELA	1425	5477	28	-5449	42
COLOMBIA	840	1193	74	-1119	63
PERU	641	1042	58	-984	58

Fuente: Datos de valor añadido. Naciones Unidas, Yearbook of Industrial Statistics.

*Millones de Dólares

Un importante avance para la industria criolla, fue el primer horno eléctrico para la fundición y producción de acero, hacia finales de la misma década, el cual fue puesto en servicio por la siderúrgica de Boyacá, siendo este el quinto horno instalado en el mundo, con ingeniería básica alemana, con equipos electrónicos y unidades importadas y unas estructuras nacionales como: la bóveda, los paneles refrigerados, los soportes y la mano de obra, entre otros. Dicho horno se puso al servicio del país hacia el mes de junio de 1989. Este nuevo horno tipo O.B.T. (Oval Botton Tapping) es operado y controlado por un sistema de regulación electro hidráulica de alta velocidad.

El horno O.B.T. representaba en aquel entonces, muchas ventajas para el sector industrial, pues el uso del mismo redujo considerablemente el consumo de energía en comparación con los hornos convencionales; por el sistema de regulación y por contar con quemadores oxifuel y con un robot para la alimentación de oxígeno y carbono. La elaboración de este horno eléctrico de fundición tuvo una inversión de alrededor de \$2.000 millones, inversión que seguramente hubiese sido mayor si los equipos se hubiesen importado totalmente.

Posteriormente, la automatización “que representaba la mayor flexibilidad y rapidez en el cambio de modelos y diseños de productos, con lo cual se disminuyen los costos para los lotes de producción...” (Zerda 1992, *ibid*, pág 46); la cual tiene entre sus soluciones la utilización del robot, como parte de los sistemas de fabricación, el cual posee varias ventajas como son el incremento de la producción, disminución de los costos, elevación de la cuota de

participación de la empresa en el mercado y disminución de los niveles de rechazo y por ende el desperdicio de materia prima. Pero involucrar este tipo de tecnología en el proceso productivo, no sería algo que se tomaría de improviso. Ya entrada la década de los noventa sería algo que se tomaría con una mayor responsabilidad y menos timidez.

El torno/ fresador de control numérico computarizado (C.N.C), fue otro avance tecnológico hacia el sector metalúrgico, el cual reemplazó los sistemas tradicionales existentes. Es decir, se tornea y se fresa en una misma máquina, la cual ofrece muchas ventajas a los empresarios, como: una mayor precisión, que hace posible que se pueda mecanizar una gran variedad de piezas en un solo montaje. Con este avance se reducen los costos en los accesorios en el montaje; ya que no se requieren dispositivos especiales costosos, los tiempos mínimos disminuyen; pues no hay transferencia de piezas de máquinas para poder terminarlos completamente, buenos acabados, etc.

Esta tecnología fue posteriormente reemplazada con la introducción de la máquina-herramienta asistida por computador, constituye uno de los mayores avances en los procesos de automatización de los hasta ahora efectuados en la actividad de transformar metales. Los microprocesadores permitieron integrar todo el proceso de producción con la creación de grupos de tecnologías. El Control Numérico Computarizado, los robots, el CAM y el CAD (conjunto de nuevas tecnologías).

Estas nuevas tecnologías intervienen en cada uno de los pasos de la transformación del metal; el CNC reemplaza a los tornos y a las máquinas como limaduras, fresadoras, y otros descritos en el cuadro 3. Los robots reemplazan a los operarios y eliminan los dispositivos neumáticos e hidráulicos en la medida que los robots se les puede programar para realizar actividades de soldadura y para intercambiar piezas fundamentalmente herramientas de corte; labores que con la técnica manual tradicional tenían que realizar operarios o se tenían que adoptar sistemas de flujos neumáticos e hidráulicos para abrir, cerrar, mover válvulas, pistones y motores y a través de este movimiento intercambiar piezas, pero, que con la programación y robotización ya no son necesarios.

CUADRO 3. Tecnología manual tradicional

MAQUINA	PROCESO	FUNCION	HABILIDAD
MANDRINADORA	Mandrinadora	Arrancar viruta	Control de movimiento y velocidad de la pieza
ESCARIADOR	Escariado	Ensanche y calibrar	Destreza en manejo y precisión
PUNTIADORAS	Mecanizado	Mecanizado con precisión	Mecanizado de la pieza
TALADRADORAS	Agujereado	Realizar agujeros cilíndricos	Destreza y precisión en el taladro
ROSCADORAS	Roscado	Ejecución de una rosca	Destreza en el roscado de piezas
MUELAS	Amolado	Desbaste, rectificado y afilado	Destreza en el amolado de piezas
FRESADORAS	Fresado	Arranque progresivo o de materiales	Destreza en el amolado

Contruido a partir de la información: Tipos de Tecnologías al servicio de la industria de bienes de capital Cap.1 (L. Wasilewski). El Sector de Bienes de Capital en los países en desarrollo Cap.1, 2 y 3 (ONUDI).

Los diseños del CAD y el CAM, reemplazan la experiencia de los operarios y facilitan la obra de los ingenieros y modifica en cierta forma el aprendizaje de estos, porque los diseños contienen la información del proceso de

funcionamiento y producción de la planta, las modificaciones que se logran cambiando las ordenes en el computador, labor que puede desarrollar un programador”(Felix Moreno, *ibid*, pág.64).

Al comienzo de la década de los noventa se instauró el modelo de apertura económica, para impulsar la modernización de las empresas del sector manufacturero y metalúrgico, para así competir en la economía internacional. Este proceso de modernización, consistió en la introducción de tecnología microelectrónica y el abandono –casi parcial- de la tecnología tradicional bajo la cual se constituyeron las primeras firmas metalúrgicas y metalmeccánicas en el Valle del Cauca.

Posteriormente, en esta misma década se incorpora la tecnología Mecatrónica, la cual surge por el establecimiento de un nuevo proceso de producción tanto en el sector metalúrgico como metalmeccánico, por la ocurrencia de un cambio económico. Esta tecnología se desarrolla bajo la producción de conocimientos tecnológicos pertenecientes a las características de la generación contemporánea sofisticada y compleja. (Ver cuadro 4).

CUADRO 4. Los tres tipos de generaciones que dan origen a los diseños tecnologicos en el sector de bienes de capital

	GIP	GID	IID	RCP	KL	CE	TML/TME	ILP	RS	CMA	CLNE	TM	CPM	F
GENERACION COMPLEJA	PD	3% de la producción más alto	15% del valor de la producción	E	> 20	10 KW/L	TML < TME	BAJA	MM	M	15-25% ing. Diplomados, 20-40% oper. Calif., 10% obreros no calif.	Años 70 y 80s	Centro Maquinado	Máquinas Múltiples
GENERACION ESTANDAR	PDM	1% de la producción más bajo	5% del valor total de la producción	R	3-10	1-3 KW/L	TML > TME	MEDIA	ALTO	ALTA	3-5% ingenieros, 15-25% oper. Calif., 30-40% obreros no calif.	Años 50 y 60s	Control Numérico	Máquinas Unifuncionales
GENERACIÓN INICIAL	PSD	0% de la producción más 0	1% del valor total de la producción	N	1	0-1 KW/L	TML >TME	ALTA	ALTO	ALTA	1% ingenieros, 19% oper. Calif., 70-80% obreros no calif.	Años 30 y 40s	Controles Mecánicos	Intercambiadores de pieza

Fuente: ONUDI Tipos de Tecnologías al servicio del desarrollo de la industria de bienes de capital, L Wasilenski 1992.

GIP Grado de industrialización del país

GID Gasto de inversión y desarrollo

IID Gastos de ingeniería y diseño

RCP Relación cooperativa cliente-proveedores

KL Relación capital-Mano de Obra

CE Consumo de energía

TML/TME Tiempo requerido de manipulación por parte del obrero

CCF Conducta competitiva de las firmas

CMA Contaminación del medio ambiente

CMLE Composición de la mano de obra según su nivel educativo

TM Tiempo de maduración

CPM Contribución al proceso de mecanizado

F Funcionalidad

ILP Intervención del obrero en el proceso

RS Riesgos para la salud

El Cuadro 4. presenta tres tipos de generaciones: compleja para países desarrollados, estándar para países menos desarrollados e inicial para países subdesarrollados, que dan origen a los diseños tecnológicos en el sector de bienes de capital. Para cada tipo de generación se evalúan las variables: Gasto de Inversión y Desarrollo, Gasto de Ingeniería y Diseño, Relación Cooperativa Cliente-Proveedores, Relación Capital-Mano de Obra, Tiempo requerido de manipulación por parte del obrero, Contaminación del Medio Ambiente, Composición de la mano de obra según su nivel educativo, tiempo de maduración, Contribución al proceso de Mecanizado, Funcionalidad, Intervención del obrero en el proceso y Riesgos para la salud.

Se puede observar que el Gasto en Investigación y Desarrollo es mayor en Países desarrollados del 3%, para los países subdesarrollados prácticamente no hay gasto; el tipo de Generación Compleja requiere personal con mayor formación académica: 15-25% ingenieros, 20-40% operarios calificados y 10% obreros no calificados, relación que se invierte para la Generación Inicial: 1% ingenieros, 19% operarios calificados y 70-80% obreros no calificados.

El diseño tecnológico de la Mecatrónica es el nivel de conocimientos contenidos en máquinas y trabajadores que utiliza el computador en los proceso de fabricación y diseño de piezas y componentes metálicos. El cuadro 5. nos muestra los componentes del diseño tecnológico de la tecnología electrónica; se puede apreciar aquí que el trabajo se concentra más en la fase del diseño que en el trabajo de manipulación en el terminado y producción de una pieza o componente metálico, también podemos deducir que hay una

visible reducción de la división del trabajo y una mayor flexibilidad en los productos fabricados con dicha tecnología.

CUADRO 5. Tecnología mecánica electrónica

	CNC	CAD-CAM	ROBOTS
RECURSO HUMANO	PROGRAMADOR EN SISTEMAS	PROGRAMADOR EN DISEÑO	PROGRAMACION DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
APLICACION	CORTE Y MAQUINADO DE LA PIEZA	DISEÑO DEL DIBUJO, CALCULO DE DISEÑO MECANICO Y EL DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	MANEJO DE MATERIALES, TRATAMIENTO DE SUPERFICIES, ENSAMBLAJE Y TRANSFERENCIA, SOLDADURA, PROCESAMIENTO POR CALOR
COSTOS	ECONOMIAS DE MATERIALES, DE INVENTARIOS, DESPERDICIOS Y FLEXIBILIDAD	ECONOMIAS DE ESPECIALIZACION, EN DISEÑO, EN RECURSO HUMANO Y DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	ECO MANEJO MATERIALES, ECO DE REDUCCION MANO DE OBRA, AHORROS EN TIEMPO DE TRANSPORTE
MANO DE OBRA	RED OPERARIOS INTERCAMBIADORES DE PIEZAS	DISMINUYE LA UTILIZACION DE INGENIEROS	DISMINUYE LA UTILIZACION DE OPERARIOS
PRODUCTIVIDAD	MAYOR PRODUCCION HORA-MAQUINA	EFICIENCIA EN EL DISEÑO Y FABRICADO DE UNA PIEZA	AUMENTO DE PRODUCCION POR HORA EN LA PLANTA
INVERSION	ENTRE US\$50000 Y US\$200000	DESDE US\$22000	DESDE US\$150000
TAMANO DE PRODUCCIÓN	ENTRE 5 Y 1000 UNIDADES DE PRODUCTO	ILIMITADA	SUPERIOR A 1000 UNIDADES DE PRODUCTO
ADAPTACIÓN	PROCESOS DEL CORTE Y TRANSFORMACIÓN DEL METAL	PROCESO DE DISEÑO Y FABRICACION DE PRODUCTOS	PROCESOS DE PRODUCCION CONTINUOS
CUBRIMIENTO DE LA DEMANDA	NICHOS DE MERCADO	MERCADOS ESPECIALIZADOS	
SUSTITUCIÓN	1 A 3 TORNOS	INGENIEROS MECANICOS Y TECNICOS EN DISEÑO	OPERARIOS: SOLD. INTERCAM. PIEZAS, PINTORES, ETC Y SISTEMAS DE FLUJO
GRADO DE AUTOMATIZACIÓN	FAVORABLE	ALTO	100%
FUNCION	EJECUTA Y TRANSMITE ORDENES A LOS MOTORES	INFORMATIZAR LOS PLANOS DE LOS PRODUCTOS	ARTICULAR DIFERENTES MAQ. Y FUNCIONES PRODUCTIVAS: TRANSPORTE, MANEJO DE MATERIALES, MAQUINADO, CARGA
TAMANO DE LA EMPRESA	MEDIANA Y GRAN EMPRESA	PEQUEÑA, MEDIANA Y GRAN EMPRESA	GRANDES EMPRESAS
SISTEMAS DE INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CALIDAD (TQC)	EXIGE INTEGRACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	INTEGRAN EL DISEÑO Y EL PROCESO DE PRODUCCION	INTEGRAN EN SU TOTALIDAD EL PROCESO DE PRODUCCION

Construido a partir de la información de: Problemas y Cuestiones concernientes a la Transferencia, la aplicación y el Desarrollo de Tecnología en el Sector de Bienes de Capital y la Maquinaria Industrial, Cáp.1 (ONU). La Automatización Programable en la Metalmecánica Colombiana, Cap.2 (Felix Moreno).

Se comparan en este cuadro tres tipos de tecnologías nuevas: CNC, CAD-CAM y los Robots; analizando para estas tecnologías lo concerniente al recurso humano, a la aplicación, los costos, la mano de obra, la productividad, la inversión, tamaño de producción, sustitución, grado de automatización, para que tamaño de empresa sirve cada tipo de tecnología y los sistemas de integración de tecnologías de calidad.

El diseño de esta tecnología Mecatrónica requiere la utilización intensiva del conocimiento para el diseño y calidad de los productos, y una utilización intensiva de información para atender mercados segmentados de diversos tamaños y regiones. Esta tecnología propicia la fusión de la administración, la producción, y la comercialización en un solo sistema integrado, para producir de manera flexible un conjunto variado y cambiante de bienes y servicios intensivos en información”(Carlota Pérez, *ibid*, pág.63).

1.2 FORMACION DEL RECURSO HUMANO EN EL PROCESO PRODUCTIVO

Como se ha descrito al inicio, la incorporación de tecnología en el proceso productivo en el sector metalúrgico en Colombia, ha sido un poco lenta, por razones expuestas. Pero debemos de tener en cuenta la influencia que ha tenido el cambio de modelo económico al pasar de sustitución de importaciones al de apertura económica; el cual ha hecho que se agilice un poco más el comercio entre las naciones y que poco a poco ingrese tecnología extranjera a nuestro país. Esto permite pensar que dentro de un mercado abierto sería muy peligroso para la infraestructura industrial Colombiana luchar

dentro de un mercado internacional con una industria sin apoyo tecnológico; por lo cual se hace necesario la creación de centros tecnológicos industriales (CTI), pues esto lo impone no solo la internacionalización sino también el nuevo entorno del comercio internacional.

En el sector se llevaron a cabo proyectos de investigación, de capacitación empresarial, etc., proyectos promovidos por FEDEMETAL (Federación Nacional de Empresas Metalúrgicas) en asocio con el S.E.N.A. (Servicio Nacional de Aprendizaje) y la Universidad del Valle, lográndose con ello una fuerte estructura de investigación al servicio de los intereses del país. Colciencias, el Instituto de Fomento Industrial (IFI), el SENA y la Universidad del Valle, en asocio con los centros de desarrollo tecnológico creados por FEDEMETAL actuaron coordinadamente para dar el gran salto adelante.

Estos proyectos involucraron a toda una sociedad en grupos generadores de conocimiento dirigido a la creación de conocimiento relativamente nuevos para la esfera de producción. Estos grupos se pueden describir como:

- a. Institutos de Investigación y Desarrollo, patrocinados por el estado y/o organizaciones privadas, las cuales se encaminan generalmente a la investigación básica y aplicada con la meta de desarrollar productos y/o procesos. El objetivo de esto es solucionar problemas concretos de la producción de una empresa o rama productiva, como ejemplo tenemos El Sena.

- b. Universidades: Instituciones que capacitan la mano de obra necesaria para el manejo y adaptación del proceso de producción, recogen en su seno profesores, investigadores y estudiantes en las distintas ramas del conocimiento; albergan institutos de investigación.

Las universidades algunas veces son independientes de la esfera de producción. La universidad es generalmente un vehículo mediante el cual se transmite y dinamiza el proceso de adaptación tecnológica. Entre algunas universidades encontramos principalmente a nivel del sur occidente Colombiano la Universidad del Valle.

- c. También encontramos los departamentos y oficinas de investigación y desarrollo al interior de las empresas; las cuales se pueden definir como el espacio en el que la empresa no sólo resuelve problemas puntuales de producción sino que además propone nuevas formas de producir hasta el punto que hoy día son una de las fuentes fundamentales del incremento de la productividad de las empresas.

Además, el asocio de Fedemetal se complementa con el ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación); para así informarse y ponerse al tanto en lo que respecta al desarrollo de sistemas de calidad, de acuerdo con las normas ISO 9000, las cuales proporcionan el marco para implementar programas de calidad en empresas manufactureras, y de servicios, ajustándose a una normatividad estándar reconocida internacionalmente.

En un buen momento Fedemetal inicia este proyecto, pues cada día se hace mayor la necesidad de las empresas de contar con el personal capacitado para implantar los respectivos sistemas de calidad y así poder mantenerse en un mercado cada vez más exigente y competitivo. Este proceso cuenta con el apoyo del comité de calidad de la seccional Pacífico Colombiano.

El sector Metalúrgico constituye una de las columnas vertebrales de los sectores de generación de energía eléctrica, explotación de petróleo. Son el soporte de las obras públicas, el transporte y el eje para la modernización de la agricultura y la agroindustria.

Actualmente, el diseño, la fabricación, el montaje, la operación y el mantenimiento de complejos industriales, contienen un alto grado de valor agregado nacional y principalmente un aporte significativo de equipos de ingeniería, de conocimiento especializado, lo que constituye un potencial de gran importancia no sólo para el Valle del Cauca sino también para Colombia.

2. MODELO TEORICO

El presente estudio investiga sobre el conjunto de factores determinantes del crecimiento económico del sector metalúrgico y metalmeccánico en el Valle del Cauca entre los años de 1970- 1998, para identificar el por qué del estancamiento de la tecnología en el sector metalúrgico y metalmeccánico.

La investigación se enmarca dentro de la teoría de Robert Solow (1956)¹⁸ versión Neoclásica, puesto que la tecnología es un factor que puede ser estudiado en forma exógena.

Se hace importante mencionar a Solow dentro de este estudio ya que a él se le debe gran parte de la contribución a la teoría del crecimiento exógeno. A través de un factor diferente de capital y de trabajo, el factor "A", que se le denominaría " Residuo de Solow", el cual recoge los cambios en la productividad y se le considera la medida de todo aquello que contribuye al crecimiento del producto, diferente de capital y trabajo. Este residuo A es la medida del crecimiento de productividad y que de acuerdo con los clásicos recoge factores tales como: el cambio técnico, las economías de escala y la especialización entre otros.

¹⁸ FERNÁNDEZ –BACA, Jorge y SEINFELD Janice, Capital Humano, Instituciones y Crecimiento, Centro de Investigaciones CIUP, Universidad del Pacífico, 1995, pág. 55.

La teoría del crecimiento de Solow se remite a un modelo anterior que no estaba formulado dentro de la escuela Neoclásica, y es el modelo de Harrod y Domar¹⁹, el cual busca explicar la relación entre la Inversión, la tasa de crecimiento y el pleno empleo en una economía de crecimiento estacionario. El cual tiene los siguientes supuestos:

1. La economía produce un solo bien que puede ser utilizado en el consumo o en la inversión.
2. Están dadas las cantidades de capital y trabajo per-cápita.
3. No existen retrasos en las decisiones de consumo, producción e inversión.
4. El ahorro e inversión son netos y pertenecen a un mismo periodo.
5. La capacidad productiva es calculable.
6. La proporción del ingreso(s) que se dedica al ahorro es la propensión media al ahorro de la economía.
7. La mano de obra crece a una tasa (n) a lo largo del tiempo constante y esta determinada demográficamente.

La teoría de Harrod y Domar nos dice que para que el crecimiento sea equilibrado y estacionario se debe de dar la siguiente igualdad

$$G = s / v = n$$

Variables que son constantes en términos per-cápita

¹⁹ FERNÁNDEZ-BACA, Jorge y SEINFELD Janice, *ibid*, pág. 36.

G_w = tasa de crecimiento necesario, garantizada o predictiva.

V_r = Stock de capital adicional que se demanda realmente.

G = Tasa de crecimiento efectiva o actual.

V = Coeficiente efectivo del capital.

$G = G_w$ entonces $V = V_r$

Es decir, en esta teoría el equilibrio se da donde $G_w = G$, en el sentido en que los empresarios se sienten preparados para seguir creciendo a una misma tasa en el futuro.

A diferencia Solow, nos dice que el modelo arriba descrito puede ser un estudio de crecimiento, pero que sus supuestos son muy restrictivos, que lo más resaltante es que el largo plazo el sistema económico se balancea, pero que en últimas el equilibrio depende de la igualdad entre $G_w = f(n)$ y $G = f(s,i)$, igual que en última instancia depende del supuesto de las proporciones fijas, donde no hay posibilidades de sustituir capital por mano de obra en la producción.

Solow toma los supuestos de Harrod y Domar, excepto el de las proporciones fijas, el cual es reemplazado por la existencia de una función de producción que suministra una gama continua de técnicas alternativas. El stock de capital proviene de la acumulación del bien compuesto (lo que no se consume se ahorra). Es así que la inversión proviene del ahorro.

Esta función se caracterizaba por la disminución de las productividades marginales de los factores individuales y por los rendimientos constantes a escala, función que posteriormente fue abandonada.

Ya establecidas las condiciones neoclásicas habituales en Solow una situación de “filo de navaja” era imposible: Pero si se sustituía capital y trabajo en función de sus precios relativos, se hacía posible una adecuación de la tasa necesaria y la tasa natural, variando el coeficiente de capital.

Los supuestos del modelo de Solow:

1. Al igual que en Harrod y Domar el modelo se mueve en un mundo donde se produce un único bien, cuyas unidades se pueden consumir o invertir.
2. El ahorro es automáticamente invertido, entonces el ahorro es igual a la inversión.
3. El stock de capital toma la forma de acumulación del bien compuesto. Lo que no se consume se ahorra y pasa a formar parte del stock de capital.
4. Existe una función de ahorro proporcional $S = sY$, donde s es la tasa de ahorro y esta en rango entre 0 y 1 ($0 < s < 1$).
5. La inversión neta es igual a la tasa de crecimiento del stock de capital $K = I$ pero como $I = sY$ entonces $K = sY$.
6. $Y = f(K, L)$, donde L es la mano de obra disponible y aumenta a una tasa proporcional constante y exógena.
7. Existencia de rendimientos constantes a escala de los factores.

$$K = sF(K_t, L_t)$$

Ecuación que en últimas determina la ruta temporal de acumulación de capital. Conocidas las rutas del stock de capital y de la mano de obra- se puede obtener la senda temporal de la función de producción real correspondiente.

Para determinar los patrones de crecimiento y la posible ruta de acumulación de capital, con cualquier tasa, Solow introduce una nueva variable, la relación capital trabajo $k = K/L$, la cual se introduce en la ecuación y mediante ciertas operaciones y cálculos matemáticos se puede llegar hasta obtener:

$\dot{K} = s F(k) - nk$ que es el equilibrio de capital trabajo, donde K y L crecen a una misma tasa para que k permanezca constante.

En sí, Solow nos plantea que la relación $K/L = v$, es variable y que existe un mecanismo de ajuste que permite igualar la tasa de crecimiento del producto y del stock de capital (s/v) con la tasa de crecimiento poblacional (n).

La economía estará en estado estacionario con los siguientes supuestos:

- a. El stock de capital presenta rendimientos decrecientes
- b. La producción crece menos rápido que el capital.
- c. La relación capital producto crece menos rápido.
- d. Si s es constante, s/v disminuirá hasta igualarse con n .

En términos de Harrod y Domar la diferencia entre la tasa garantizada y la efectiva se evita haciendo que la primera sea variable.

Para el modelo de Harrod y Domar una tasa de ahorro (s) implica una alta tasa de crecimiento, lo cual implica que el crecimiento depende del ahorro.

2.1 EL MODELO NEOCLÁSICO CON PROGRESO TÉCNICO

El progreso técnico que se define como el aumento en la productividad de los factores productivos, de tal manera que una misma combinación permite un mayor volumen de producto. La función de progreso técnico es:

$$Y = f(K, L, T)$$

Donde: K = Capital

L = Mano de Obra

T = Tecnología

Bajo el supuesto de rendimientos constantes en el marco de las funciones de producción se pueden distinguir cuatro casos:

1. La producción.
2. El factor capital.
3. El factor trabajo.
4. Los dos factores.

2.2 PROCESO DE EXOGENEIDAD DEL CAMBIO TÉCNICO EN EL SECTOR METALÚRGICO

Hasta los años cuarenta las doctrinas de crecimiento se estudiaban cualitativamente, ya que en este se describía únicamente las fuerzas que pudieran generar progreso económico y analizar las consecuencias de este progreso en una economía en particular. Un ejemplo de este pensamiento clásico es la obra de Adam Smith, donde la fuente principal de crecimiento es la división del trabajo que surge como consecuencia del intercambio. La división del trabajo esta limitada a su vez por la extensión del mercado, que depende de las facilidades de comunicación al interior de un país y de este país con el resto del mundo.

Pero en los años cincuenta empezaron a nacer doctrinas de crecimiento descriptivos en forma de ecuaciones, que trataban de describir las diferentes maneras en que el nivel de actividad económica actual podía influir en la evolución futura de la economía.

A partir de estos modelos se constituyó lo que hoy se conoce como la teoría neoclásica del crecimiento. Esta teoría se basa en el supuesto de que todos los precios son lo suficientemente flexibles para que la inversión se iguale con el ahorro de pleno empleo. De esta manera, la economía no tiene mayores problemas en ubicarse en una trayectoria de crecimiento equilibrado.

El punto de partida de la teoría neoclásica del crecimiento es el modelo de Robert Solow²⁰, quien suponía un cambio de la existencia exógeno, complementados con modelos de dotación y sustitución de factores y por la idea convexa de ventajas competitivas.

Solow comenzó su “ contribución a la teoría del crecimiento económico” precisando que, si bien el modelo de Harrod y Domar podía constituir un punto de partida para el estudio del crecimiento, tenía el defecto de que partía de supuestos demasiado restrictivos.

También critica el modelo de Harrod y Domar porque hace mención a problemas de largo plazo con herramientas usuales de corto plazo. Harrod y Domar se refieren al largo plazo cuando hablan del acelerador, del multiplicador y el coeficiente del capital, conceptos que son análisis de corto plazo²¹. Los modelos tipo función de producción a la Solow, explican muy poco de las diferencias observadas en el crecimiento de la productividad entre los países. Si se desea “explicar las cuestiones esenciales de las economías en proceso de transformación”, la teoría debe modificarse. Esta modificación consiste en extender el análisis de la función de producción para que permita la inclusión de otras variables explicativas que reflejen los diversos tipos de desequilibrios existentes en estos países (economía dual con un sector moderno de alta productividad y otro tradicional con bajas, además de un sector exportador dinámico).

²⁰ SOLOW, Robert (1956), “ A contribution to the theory of economic growth”, on Quartely Journal of Economics, N° 70.

²¹ SOLOW, R., Ibid, pág 66.

Se suponía que la economía se volvía más productiva por razones exógenas, ya que no se podía explicar cómo con una función de producción con rendimientos constantes a escala (y en consecuencia retornos decrecientes al capital), podía existir en un estado estacionario tasas de crecimiento per-cápita positivas. Es decir en los modelos de crecimiento neoclásico con retornos constantes a escala y con dotación limitada de actores, el crecimiento en estado estacionario no podía darse sin cambio tecnológico.

El cambio técnico supuestamente empieza con los descubrimientos científicos, que tiene carácter exógeno y que a su vez conducen a los descubrimientos experimentales de la ciencia aplicada. Estos últimos a su vez llevan a las invenciones tecnológicas que proveen el estímulo a las innovaciones empresariales (introducción comercial de nuevos productos y métodos de producción).

Las innovaciones a su vez conllevan a la imitación, conducen a la difusión de las nuevas técnicas. De la difusión resultan cambios en la productividad y probable alteraciones en la estructura del mercado. Supuestamente estos procesos no se desarrollan en forma unidireccional sino también mediante avances discretos(saltos).

La función de producción a factores sustituibles estaba caracterizada por la disminución de las productividades marginales de los factores y por los

rendimientos constantes a escala. Para lograr un crecimiento sostenible²² a través de los factores productivos, es de gran importancia hablar de cambio técnico²³ en la función de producción como único factor exógeno de crecimiento en un régimen estacionario.

La forma más usual de mostrar el progreso técnico es por medio de una función de producción del siguiente tipo:

$$Y = A(t) F(K,L)$$

Donde Y, es la producción, A(t) es el factor de desplazamiento o residuo²⁴ que mide el efecto acumulado de los desplazamientos a través del tiempo, K y L son los factores de producción de capital y mano de obra.

El tiempo representa entonces el conocimiento acumulado y era tomado como un factor de producción que se incrementaba exógenamente, en progreso técnico era representado como un factor automático, exógeno y que se predecía independientemente de cualquier variable económica. Este surge como si cayera del cielo, como algo espontáneo.

²² Es decir, que si todos los factores se incrementan en la misma proporción el producto se incrementará en la misma proporción (Homogeneidad de grado 1) es decir, la productividad promedio de cada factor es invariable a la escala de producción y sólo depende de la proporción entre los factores.

²³ Se entiende aquí por cambio técnico, como "el avance del conocimiento en los métodos de producción", (Enrique A López, Ibid,1992).

²⁴ Es aquella parte del crecimiento del producto que no es explicada por la acumulación de los factores de producción.

Esa limitante del modelo llevó a que se presentarán diversas teorías con el propósito de mejorarlo.

2.2.1 Neutralidad del progreso técnico. Se dice que el progreso técnico es neutro cuando este no modifica la intensidad de capital (k/l) o las productividades medias y marginales del capital y trabajo. En función a que el progreso técnico mantenga constante alguna de estas variables se puede definir tres tipos de neutralidad:

1. Neutralidad en el sentido de Hicks²⁵: cuando no se modifica la tasa marginal de sustitución entre el capital y el trabajo para una misma tecnología.
2. Neutralidad en el sentido de Harrod: cuando para una misma tasa de interés no se modifica la productividad media del capital.
3. Neutralidad en el sentido de Solow: cuando para una misma tasa de salario no se modifica la productividad media del trabajo.

Escogiendo para nuestro caso la primera neutralidad al estilo de Hicks que sugiere que la función de producción toma la forma de una función de producción tipo Cobb Douglas²⁶ Dinámica, la cual se utilizó para estimar la relación entre el producto nacional y los insumos totales de capital y trabajo, la cual se representa así:

²⁵ FERNÁNDEZ-BACA, Jorge y SEINFELD, Janice, *ibid*, pág. 53.

²⁶ FERNÁNDEZ-BACA, Jorge y SEINFELD, Janice, *ibid*, pág. 54.

$$Y = e^{\mu t} K^{\beta} L^{1-\beta}$$

Donde μt , es una variable independiente del tiempo, tasa anual de progreso.

β , participación del capital en el producto, elasticidad del capital.

$1 - \beta$, participación del trabajo en el producto, elasticidad de la mano de obra.

K, Stock de capital.

L, Trabajo (personal ocupado)

Y, producto

μ , β y $1 - \beta$ son constantes paramétricas.

$$0 < \beta, 1 - \beta < 1$$

Bajo esta formulación el progreso técnico es totalmente exógeno al sistema económico, el cual nos da a entender que la economía experimenta siempre la misma tasa de progreso técnico (μ), sin importar cuan buenas o malas sean sus políticas, ni el comportamiento de los agentes.

Solow acudió como se anotó arriba a una función de producción tipo Cobb – Douglas con progreso técnico en el sentido de Hicks la cual se especifica de la siguiente manera:

$$Y_t = A_0 e^{\mu t} K_t^{\beta} L_t^{1-\beta}$$

Tomando logaritmo y derivando con respecto al tiempo se tiene que:

$$\frac{Y_t}{Y_t} = \mu + \beta \frac{K_t}{K_t} + (1 - \beta) \frac{L_t}{L_t}$$

$$\text{Y calculando } \mu = \frac{Y_t - \beta K_t}{Y_t} - \frac{1 - \beta}{L_t} \frac{L_t}{L_t}$$

Obteniendo así el valor de μ_t que nos representa la tasa de progreso técnico, el cual es calculado como un residual; mediante este procedimiento podemos obtener el valor de μ_t para cada año. Estos cálculos se obtendrán elaborando el ejercicio econométrico.

La sencillez del método de Solow permite aplicarlo al caso del sector metalúrgico y metalmeccánico, para calcular el residuo (PTF) y la elasticidad de los factores de producción.

No es de discutir que la solidez de una economía depende en gran parte de la firmeza con que evolucione el comportamiento de su productividad. Esto es muy cierto, especialmente para el sector industrial, que en un proceso de desarrollo, esta llamado a ser elemento que “jalonar” el crecimiento.

2.3 CALCULO DEL RESIDUO O PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES (PTF).

Productividad es una relación de producto a insumos. En el caso de un solo insumo y un solo producto no hay problema alguno en su definición, es la

cantidad de producto que se obtiene de cada cantidad de insumo. En el caso de que exista una cierta cantidad de insumos y de productos es necesario tener un proceso de combinación, que pueda diferir según el propósito y según el nivel de agregación.

A nivel agregado la medida que se utiliza en la mayoría de los estudios empíricos es la llamada Productividad Total de los Factores. Es la medida más amplia, al tener en cuenta la presencia de todos los factores de producción, también tiene una propiedad muy importante y es la de que es beneficiosa sin ambigüedad, un aumento en la Productividad Total de los Factores equivale a una reducción de los costos de producción, como puede demostrarse fácilmente, haciendo uso de la teoría de la dualidad.

La PTF (o residuo), es la medida que se propone utilizar en este estudio; se considera que para realizar su cómputo es fundamental utilizar una muestra amplia, ya que resulta superior al análisis parcial de la productividad del trabajo o del capital²⁷.

Además de esta, existen otras medidas como: la productividad laboral, productividad del capital, etc, que solo tienen en cuenta uno de los insumos, y por lo tanto se le atribuyen a este insumo efectos que pueden deberse al aumento en la utilización de otros.

²⁷ Este proceso es reconocido por la mayoría de las escuelas económicas, no importa que tan divergentes sean su marco conceptual y su instrumental de análisis.

2.3.1 Problemas de la estimación de la Productividad Total de los

Factores. Pasar del concepto teórico de Productividad Total de los Factores a su contraparte empírica conlleva una cantidad de problemas. Entre los más importantes se pueden mencionar los siguientes:

1. **Medición del Producto:** A nivel agregado el concepto de producto que se usa normalmente es el de Producto Bruto Interno a precios constantes y la fuente normal son las estadísticas del Cuentas Nacionales, con los problemas que son conocidos: valoración de los diversos bienes, inclusión o no de determinados productos o de determinadas fuentes de costos, tratamiento de impuestos y subsidios, deflatores que deben usarse, diversa calidad de las fuentes de información según sectores, etc.
2. **Medición de los Factores:** referente a este asunto los problemas son más complicados: En el caso del capital, nunca se ha hecho una medición directa del acervo, la única opción es la de usar un procedimiento de acumulación de los datos de inversión de cuentas nacionales y suponer algún conjunto de tasas de depreciación. Además de esto, y de los muy conocidos problemas de agregación y de significado de un acervo de capital en la economía, existe el problema de utilización, en cuanto a este punto existen diferentes alternativas: una de ellas supone que lo que entra en la función de capital son los servicios de capital, y en ese caso lo más conveniente sería obtener una medida de utilización del capital y corregir por ella la serie de capital que se tenga. Otra opción consiste en calcular la Productividad Total de los

Factores con la serie sin corregir y utilizar, como una de las explicaciones de la productividad, la utilización de capacidad o alguna medida relacionada de actividad económica.

Para estimar la serie del stock de capital, algunos analistas económicos han acudido a la metodología desarrollada inicialmente por Arnold Harberger²⁸; el cual propuso calcular un monto inicial dividiendo el promedio de inversión bruta durante un período determinado por la suma de las tasas supuestas de depreciación y de crecimiento del stock de capital. Utilizando este monto sería sencillo calcular la serie, agregando en forma acumulada el nivel de inversión neta de cada año.

Formalmente dicha metodología se puede expresar de la siguiente manera:

$$K_t = IB^* / (\delta + \gamma)$$

$$K_{t+1} = IB_{t+i} + K_t - \delta i - \delta c$$

Donde:

K_t : stock inicial de capital

IB^* : inversión bruta media del período

IB_{t+i} : inversión bruta del año t+i

δ : tasa supuesta de depreciación

²⁸ HABERGER, Arnold. La tasa de rendimiento del capital en Colombia. Revista Planeación y Desarrollo. Vol.I, No.3. Octubre 1969.

γ : tasa supuesta del stock de crecimiento del capital

δ_i : tasa supuesta de depreciación de la inversión bruta

δ_c : tasa supuesta de depreciación del stock de capital.

Este método presenta dificultades en cuanto a la falta de argumentos teóricos y empíricos para establecer supuestos sobre las tasas de depreciación y crecimiento del capital en el sector metalúrgico y metalmeccánico del Valle del Cauca.

Para el propósito de este trabajo utilizamos la metodología planteada por Eduardo Lora²⁹, la cual considera constante la relación capita-producto, con lo cual las tasas de crecimiento del capital y del producto tienden a ser iguales en el largo plazo³⁰.

En lo que se refiere a la mano de obra³¹, dada la heterogeneidad en las calidades del trabajo, algunos analistas han dividido a los trabajadores por grupos según calidades y otros simplemente han utilizado las diferencias para explicar los incrementos en la PTF.

Para la construcción de esta serie, no se encuentra una fuente que trate de aproximarse a una medición completa de los trabajadores, las fuentes

²⁹ LORA, Eduardo. Técnicas de Medición Económica, Bogotá, Tercer Mundo Editores, 1993, Cap.5.

³⁰ El desarrollo de este procedimiento se plantea en el capítulo III Selección de la Muestra y Técnicas de Medición.

³¹ La construcción de la serie mano de obra (sueldos y salarios), se desarrolla en el capítulo III Selección de la Muestra y Técnicas de Medición.

más completas son los censos, con los problemas conocidos de cobertura y de calidad en la medición de variables adicionales al número de personas, sexo y edad; las fuentes que le siguen son las encuestas de hogares que permiten una medición de tasas de empleo, para un cierto número de ciudades, tasas que luego hay que extrapolar a cálculos de población total basados en los censos y en análisis demográficos.

También existen problemas de agregación y de calidad, en parte relacionados, si todos los trabajadores tuviesen la misma calidad los problemas de agregación serían menores; para tratar el problema de la calidad existen diferentes procedimientos: de una parte se puede refinar la medición de la fuerza de trabajo, dividiéndola en grupos según calidad, grupos que se usan por separado en la medición de la productividad o que se agregan usando algún criterio de agregación, salarios por ejemplo; de otra parte se puede usar en la medición un agregado sin refinar y en la explicación una o varias medidas de calidad de la fuerza de trabajo, que se utilice depende en gran medida de la información existente.

Diversos trabajos aplicados al cálculo de la productividad total de los factores³², conlleva a pensar que en cada modelo especificado, la tasa de crecimiento del producto real se descomponen dos elementos:

³² R. Solow (1962), T. Wilson y O. Eckstein (1962), K. Domar et al. (1964), Jorgenson (1963), D.W. Jorgenson y Z. Griliches (1967), E. Chen (1977), Nelson (1981), M. Nishimizu (1978), Z.

El primero basado en la tasa de crecimiento del factor *input* (capital, trabajo y materia prima), y el segundo, basado en un componente residual identificando los cambios en la eficiencia de producción (productividad multifactorial). El primer efecto es asociado con movimientos a lo largo de la función de producción; el segundo, se interpreta como traslado de la función de producción.

Los *input* de trabajo y capital son agregados de elementos básicamente heterogéneos, con diversas características: poseen cualidades distintas y adquieren movilidades diferentes. Estas propiedades heterogéneas son la principal causa y consecuencia del progreso técnico en la economía.

El método de la PTF ha presentado algunas modificaciones con relación al método inicial. Aunque ninguno de los *input* ha sido corregido por su grado de utilización. Como por ejemplo cuando se presenta en un periodo crecimientos lentos, el factor trabajo enfrenta altas tasas de subutilización, con lo cual se aconseja responder la participación de este *input* en la función evitando, el riesgo de trabajar con altas tasas de crecimiento del índice de la productividad del trabajo y por lo tanto del residuo.

Feldstein (1966) encontró en sus estudios sobre los problemas de especificación de la función agregada de producción y, en particular sobre la

especificación del *input* laboral, evidenciando diversas elasticidades del producto con relación a la cantidad al promedio de horas /hombre.

Con base a lo hallado por el autor éste sugiere que la elasticidad del producto con relación a las horas excede sustancialmente la elasticidad con relación a la cantidad de empleados. Lo mismo sucede con las tasas de crecimiento de stock de capital.

El primer problema es que este tipo de cálculo –productividad- subestima la importancia de la acumulación de capital al no hacer justicia a la influencia del desarrollo tecnológico cuando la inversión bruta adiciona nuevos bienes de capital al stock existente³³.

De cualquier forma, el supuesto de la tasa de utilización permanece constante en el tiempo es solamente aceptable para un análisis de largo plazo. Si se hace extensivo este supuesto, se evita tener que ajustar el stock de capital por la utilización.

Dada la importancia de las modificaciones permanentes de la tecnología como fuente de cambio técnico, conviene seguir manteniendo la noción de que el cambio técnico es todo aquello que desplaza la función de producción de una empresa, en lugar de asociar el cambio técnico exclusivamente con la acumulación de capital.

³³ En efecto, los nuevos bienes de capital son adicionados a las viejas plantas promoviendo un más alto nivel técnico con el cual los viejos bienes de capital son operados, reflejando de esta forma la reconstrucción del viejo equipo de capital. (Ver Garay Luis J. *ibid*, pág.304).

La ventaja adicional de utilizar esta noción más amplia de cambio técnico consiste que dentro de ella cabe no sólo las modificaciones continuas a los equipos y procesos, sino también la introducción de mejoras organizativas que en mediano plazo incrementan la productividad, denominadas (tecnologías blandas).

3. RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN Y TÉCNICAS DE MEDICION

En el presente capítulo se muestra como se obtuvo la información, la cual se indica en el primer punto. En el segundo punto, se hace referencia al modelo utilizado para analizar la información obtenida y se describe la construcción de cada una de las variables, puesto que cada una de ellas tiene un tratamiento especial.

3.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

El objetivo que se persigue fundamentalmente con el presente trabajo, es investigar el porqué del estancamiento tecnológico del sector metalúrgico y metalmecánico en el Valle del Cauca entre los años 1970-1998, lo cual se puede observar a través de la variación del valor agregado real per cápita frente a las variaciones por cambio tanto en el capital como en el trabajo.

Se define Metalúrgia, como el arte de extraer, purificar y trabajar los metales, especialmente el hierro y el acero, la elaboración de los cuales constituye la industria pesada, una de las más esenciales en la vida y en la economía de las naciones. La extracción de este metal puede ser por vía física y mecánica, química ó eléctrica.

Para realizar la clasificación en los sectores tanto metalúrgico como metalmecánico se acudió al Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), pues esta entidad es la que recoge los registros de las diferentes actividades que se desarrollan tanto a nivel nacional como departamental; actividades que pueden ser de tipo social, económico, etc.

Para obtener esta información –que es de carácter secundario- se acudió al Anuario de la Industria Manufacturera, tomándose en particular al departamento del Valle del Cauca para el período (1970-1998). Se toma como criterio de actividad aquellas que según la clasificación Código de Información Internacional Unificado (CIIU) realizan actividades cuyo elemento esencial es el hierro y el acero, bien sea por extracción (producción) o por transformación del mismo.

Es así, que se tomó como criterio aquellas actividades que estuviesen –según la clasificación CIIU- entre los códigos 371 a 385. Es decir, aquellas que están bajo los siguientes códigos y actividades:

371- Que corresponde a las industrias básicas de hierro y acero, 372- que representa la industria básica de metales no ferrosos, 381- productos metálicos, 382- maquinaria exceptuando la eléctrica, 383- maquinaria, aparatos, accesorios y suministros eléctricos, 384- equipo y material de transporte y 385- material profesional y científico, instrumentos de medida y control NEP, aparatos fotográficos e instrumentos de óptica.

Es decir, el presente estudio involucra actividades tanto de la industria metalúrgica como la metalmecánica, que corresponden generalmente a:

- a. Industrias metálicas básicas: comprende las industrias básicas de hierro y acero y las industrias básicas de metales no ferrosos. Su producción característica está referida a productos como: barras y varillas de hierro o acero, ángulos y perfiles, chapa de hierro o acero galvanizado y laminada en caliente, hierro heliacerado, palanquilla, alambro de hierro, láminas de aluminio, papel aluminio, barras y varillas de aluminio, ángulos y perfiles y secciones de aluminio, etc. Es decir, implica la fabricación de partes, piezas, máquinas, bienes durables, etc.

- b. Fabricación de productos metálicos: comprende la fabricación de herramientas manuales y artículos de ferretería en general, muebles y accesorios, estructuras, artículos de fontanería y calefacción. Su producción característica está referida a productos como: tapas corona, envases de hojalata, estructuras metálicas para edificaciones, tornillos de hierro y acero, alambre, ollas de aluminio, barriles, clavos y puntillas, cerraduras para puertas, tanques de lámina metálica, ventanas de aluminio, etc. Es decir, involucran la fabricación de maquinaria y equipo, productos de consumo durable, cocinas, puertas, ventanas y otros bienes.

- c. Fabricación de material profesional, de transporte: comprende la fabricación de maquinaria no eléctrica y eléctrica, aparatos y accesorios.

Incluye fabricación de motores y turbinas, maquinaria y equipo (eléctrico y no eléctrico), instrumentos de medida y control. Su producción característica está referida a productos como: fumigadoras para agricultura y ganadería, calderas, filtros de aceite, aparatos para acondicionamiento de aire, partes y accesorios para maquinaria industrial, bombas, compresores, transportadores mecánicos, grúas, básculas industriales, ascensores, motores, baterías, cables y alambres aislados, tableros de distribución eléctrica, etc. Es decir, el montaje y ensamblado de máquinas, vehículos, equipo científico e instrumentos de medida y control, equipo ferroviario, aeronáutica y barcos, aparatos fotográficos e instrumentos de óptica, etc.

Se escogieron estas actividades con el fin de obtener información acerca de la incidencia de la tecnología en los sectores metalúrgico y metalmecánico en el Valle del Cauca, saber cual es la participación o aporte de la tecnología en dicho sector a través de los últimos 29 años.

Para obtener la información sobre el sector metalúrgico y metalmecánico se efectuaron los siguientes pasos:

1. Se escogieron actividades que en su proceso de producción trabajasen esencialmente con el hierro y acero, por ello se tomó a dichos sectores.
2. A partir de dicha selección, se procedió a tomar los datos en sumatoria, escogiéndose sólo aquellas que estaban entre dichos códigos y

actividades de 371-385 de las diferentes variables escogidas, estos datos se tomaron anualmente.

Una vez obtenidos los datos en el DANE se procedió a verificar que todos los datos estuviesen en las mismas unidades –miles de pesos corrientes-.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SECTORES METALÚRGICO Y METALMECANICO EN EL VALLE DEL CAUCA

A continuación se expondrá el modelo que trata de precisar la contribución de los factores productivos al crecimiento del producto en los sectores tanto metalúrgico como metalmeccánico, en el Valle del Cauca, entre los años 1970-1998, de igual manera a través de este modelo se puede analizar la parte que queda sin explicar por la acumulación de los factores productivos (residuo o PTF).

Supongamos una función de producción de tipo Cobb-Douglas, homogénea, cóncava de grado 1, los desplazamientos de esta función de producción son neutrales y se desplazan a través del tiempo, a lo largo de la curva.

$$Y = A L^{\alpha} K^{\beta}$$

Donde:

Y = Valor agregado

L = Sueldos y salarios

K = Stock de Capital

A = residuo que se desplaza en el tiempo.

Esta función es la que considera el cambio técnico, lo que implica que se dejan constantes las tasas marginales de sustitución y sólo aumentan o disminuyen la producción obtenible con insumos dados.

La participación del capital producto se supone constante, con lo cual las tasas de crecimiento del capital y el producto tienden a ser iguales en el largo plazo. Existen rendimientos constantes a escala.

3.2.1 Determinación y construcción de las variables del modelo en el sector metalúrgico y metalmecánico. Este modelo trata de recoger la influencia del conjunto de variables: stock de capital, mano de obra, exportaciones, importaciones, consumo intermedio; consideradas como determinantes del crecimiento de los sectores metalúrgico y metalmecánico.

Una vez escogido el sector, se procedió a obtener las variables, teniendo como fuente de información –secundaria- el DANE.

A continuación se describe como se construyeron las variables. En el Anexo A se muestra el cuadro con sus respectivos valores.

Se tomó como **variable dependiente** el Valor Agregado Real Per cápita – VARP- pues es a través de esta variable es como podemos observar la evolución del sector productivo metalúrgico y metalmecánico y precisar si en dicho proceso productivo se han llevado a cabo diversos desarrollos tecnológicos que contribuyan a una mayor competitividad. Es decir, esta variable designada como dependiente, nos permite distinguir o identificar los posibles cambios por el uso de los factores no productivos, participantes en el proceso de producción y transformación de dichos sectores.

Se tomó el Valor Agregado nominal de cada año y se dividió entre el índice de precios al consumidor (IPC), año base 1988; de esta manera se llega al Valor Agregado en términos reales, que luego se divide entre el personal remunerado para obtener finalmente el Valor Agregado real per cápita. Para efectos del modelo, se logaritiza la serie.

VARIABLES INDEPENDIENTES: se tomó como variables independientes, aquellas que tratan de expresar las causas de los posibles cambios de la producción en dichos sectores. Estas variables están representadas por el Trabajo, que en nuestro caso corresponde a los sueldos y salarios, que se define como la remuneración que perciben los trabajadores por los servicios prestados. Y el Capital, que en nuestro caso es el Stock de Capital –K- y está determinado por los activos fijos.

La variable personal remunerado, que se define como el número de personas ocupadas en el establecimiento. O sea, el total de las personas que trabajan en

dichos sectores incluidos los propietarios, socios activos y los trabajadores familiares no remunerados. Esta variable cumple la función de percapitalizar las variables a trabajar, pues el modelo aplicado así lo exige.

Las variables escogidas fueron:

1. **Sueldos y Salarios (SSRP):** Se tomó como la “remuneración que percibe el trabajador en dinero o en especie, en forma periódica o diferida, por los servicios que presta a los establecimientos industriales, antes de deducir los descuentos por retención en la fuente, contribuciones al servicio social, al sindicato, al fondo de empleados y similares”.

Esta variable se encontraba en términos corrientes, para convertirse a términos constantes se deflactó por el índice de precios al consumidor – IPC- con base al año 1988. Es decir, se dividió el total del valor hallado del año x, de la variable SSRP sobre el IPC del año x. Posteriormente a este cociente se le divide por el personal remunerado del año x. Y así, finalmente se obtiene la variable Sueldos y Salarios reales per cápita – SSRP-, que luego es logaritmizada.

2. **Stock de Capital (K):** En el caso Colombiano “nunca se ha hecho una medición directa del acervo de capital, ni se tienen datos sobre la

utilización de la capacidad instalada para corregir la serie construida, pues lo que interesa es el capital usado”³⁴.

Es por ello que se optó por estimar el stock de capital acudiendo a la metodología recientemente desarrollada por Eduardo Lora, en la cual consideró constante la relación capital-producto, con lo cual las tasas de crecimiento del capital y el producto tienden a ser iguales en el largo plazo. Por lo que se tiene:

$$\Delta K / K = \Delta \text{PIB} / \text{PIB}$$

Con:

K: Stock de Capital

PIB: Producto Interno Bruto

Dado que ΔK equivale a la inversión neta en capital fijo (IN), la ecuación anterior puede describirse como:

$$\text{IN} / K = \Delta \text{PIB} / \text{PIB}$$

Dividiendo y multiplicando por PIB,

$$(\text{IN} / \text{PIB})(\text{PIB} / K) = \Delta \text{PIB} / \text{PIB}$$

³⁴ GAVIRIA, Mario A. y SIERRA, Hedmann Alberto. Medición de la Productividad en la Industria Manufacturera de Risaralda, 1998.

$$K / \text{PIB} = (\text{IN} / \text{PIB}) / (\Delta \text{PIB} / \text{PIB})$$

$K / \text{PIB} = k$: relación capital-producto

$\text{IN} / \text{PIB} = h$: coeficiente de inversión neta.

$\Delta \text{PIB} / \text{PIB} = g$: tasa de crecimiento del producto.

De lo que se deduce:

$$k = h/g$$

Los coeficientes h y g pueden estimarse como promedios de un período, obteniendo así el valor de k . Ahora, para calcular la serie del stock de capital se parte de un valor inicial K_t “centrado” en la mitad del período en análisis, monto al que se llega mediante la siguiente ecuación:

$$K_t = k \text{PIB}^*$$

Con:

PIB^* : Valor promedio del período.

Este valor sirve de punto de partida para calcular el capital en cualquier instancia del tiempo considerado mediante el uso iterativo de la siguiente expresión:

$$K_{t+1} = K_t + \text{IN}_{t+1}$$

Para elaborar esta serie se tomó el valor de los activos fijos en libros, que viene expresada en términos corrientes, para convertirla a términos

constantes se dividió por el Índice de Precios al Productor (IPP) y posteriormente se percapitalizó dividiendo este resultado entre la variable personal remunerado. A esta serie final se le aplicó la metodología sugerida por Eduardo Lora³⁵, expuesta arriba.

Es preciso considerar que para efectos del trabajo:

IN = activos fijos real per cápita

Hallamos el valor de h (coeficiente de inversión neta), como el promedio en el período de estudio de los activos fijos real per cápita sobre el Valor Agregado, y el valor g (tasa de crecimiento del producto), como el promedio de esta tasa de crecimiento en el período. Los valores calculados son: $h = 65.310960\%$ y $g = 1.750955\%$, de donde usando la ecuación $k = h/g$, se tiene que $k = 37.300179$, y con este valor se calcula el stock de capital para el primer año (1970) con la ecuación $K_t = k\text{PIB}^*$, con PIB^* : valor promedio del período. Este valor sirve de punto de partida para calcular el capital en cualquier instancia del tiempo considerada, mediante el uso iterativo de la siguiente expresión: $K_{t+1} = K_t + \text{IN}_{t+1}$. (Ver Anexo A). Para efectos del modelo se logaritmiciza la serie.

A continuación se muestra la construcción de las variables: consumo intermedio, exportaciones e importaciones, que no se incluyen en el modelo, pero para cada una se elabora un análisis de su comportamiento

³⁵ LORA Eduardo. Ibid, 1993, Cap. 5.

en el período; para determinar el impacto de cada una de ellas en el comportamiento del producto del sector metalúrgico y metalmeccánico.

- 1. Consumo Intermedio (CIRP):** Se tomó esta variable como “el valor de los insumos consumidos en el proceso productivo, incluye el valor de las materias primas, tanto nacionales como extranjeras, los gastos industriales imputables a la producción, la energía eléctrica comprada y los impuestos indirectos”. Esta variable se convirtió en términos constantes al dividirse el consumo intermedio del año x entre el índice de precios al productor IPP del año x , a este resultado se le divide por el personal remunerado del año x , obteniéndose así el consumo intermedio real per cápita.
- 2. Exportaciones (XRP):** Representa la demanda de nuestros bienes hecha por los residentes extranjeros. Esta variable se convierte en real al deflactarse por el índice de la tasa de cambio real (ITCR), posteriormente se percapitaliza al dividir este resultado entre el personal remunerado de cada año.
- 3. Importaciones (IMP):** Son la parte de nuestro gasto interior que no se dirige a nuestros propios bienes. Esta variable se convierte en real al deflactarse por el índice de la tasa de cambio real (ITCR), y posteriormente se percapitaliza al dividirse este resultado entre el personal remunerado de cada año.

4. Productividad Total de los Factores (PTF): Llamada normalmente residuo o parte del crecimiento del producto que no es explicada por la acumulación de los factores y que involucra todos aquellos elementos que desplazan la función de producción, que incrementan la productividad total de los factores.

En este estudio la PTF involucra: consumo intermedio, importaciones y exportaciones, además este residuo comprende las mejoras organizativas (tecnologías blandas), las mejoras tecnológicas, la capacitación del personal, etc.

Para la construcción de esta variable se utilizó la metodología tipo Solow:

$$PTF = \dot{Y/Y} - [\alpha K_t (\dot{K/K}) + \beta L_t (\dot{L/L})]$$

Esto quiere decir que a la tasa de crecimiento de la producción $\dot{Y/Y}$, se le resta la suma de las variables: suma de la participación (elasticidad) de cada variable en el costo total multiplicada por su respectiva tasa de crecimiento, esto se hace para cada año del período (1970-1998). (Ver Cuadro 6.).

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se estudia de manera empírica el impacto ó incidencia que tienen cada una de las variables (sueldos y salarios, stock de capital, consumo intermedio, importaciones y exportaciones) en la producción del sector metalúrgico y metalmecánico del Valle del Cauca. Este sustento empírico se lleva a cabo mediante el análisis de la información obtenida, una vez han sido aplicadas las técnicas estadísticas y econométricas propuestas para la contrastación de las hipótesis.

En un primer acápite se analiza el comportamiento de la función de producción agregada, precisando la participación de los factores productivos mano de obra (sueldos y salarios) y stock de capital (K) en el comportamiento de la función de producción y el crecimiento del producto, de igual manera se analiza la composición factorial en el producto, interpretando cual es la contribución de cada factor al crecimiento de la producción.

En un segundo acápite se estudia el comportamiento de los componentes del residuo (Productividad Total de los Factores), que son para este caso: consumo intermedio, exportaciones e importaciones; analizando su fluctuante evolución en el período objeto de estudio (1970-1998).

4.1 COMPORTAMIENTO DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DEL SECTOR METALÚRGICO Y METALMECÁNICO EN EL VALLE DEL CAUCA

El objetivo de este acápite es la contrastación de la siguiente hipótesis:

El aporte de los factores productivos al crecimiento del sector Metalúrgico y Metalmecánico ha sido bajo, pues no ha habido cambio técnico incorporado en el capital, tecnologías duras³⁶ y en la mano de obra, tecnologías blandas³⁷; que provoque una mayor dinamización del sector.

Para contrastar esta hipótesis se plantea una función de producción para el sector Metalúrgico y Metalmecánico, tipo Cobb-Douglas:

$$Y = A K^{\alpha} L^{\beta}$$

Donde:

Y: es el valor agregado real per capita del sector Metalúrgico y Metalmecánico.

K: es el stock de capital real per capita.

L: es la mano de obra (sueldos y salarios) real per capita.

A: indica el residuo ó productividad total de los factores (PTF), la parte del producto que no es explicada por la acumulación de los factores, y que involucra para este caso exportaciones, importaciones y consumo intermedio.

³⁶ Se entiende por tecnologías duras, las modificaciones continuas a los equipos y procesos. Garay Luis J., *ibid*, 1992, pág.142.

³⁷ Se entiende por tecnologías blandas, la introducción de mejoras organizativas y administrativas que incrementan la productividad, por ejemplo: "calidad total", manejo de inventarios "justo a tiempo". Garay Luis J., *ibid*, pág.142.

α y β son los coeficientes que indican las elasticidades del capital y de la mano de obra respectivamente.

El uso de este tipo de función de producción Cobb-Douglas, involucra algunos supuestos:

- a. Función homogénea lineal de grado 1.
- b. Se les retribuye a los factores productivos el valor de sus productos marginales (Teorema de Euler).
- c. Las tasas marginales de sustitución entre factores permanecen constantes³⁸.

4.1.1 Participación de los Factores en el Crecimiento del Sector Metalúrgico y Metalmeccánico. Se presenta a continuación los resultados arrojados por las regresiones que se corrieron para una función de producción del sector. En la regresión del Anexo C se puede evidenciar que la producción del sector Metalúrgico y Metalmeccánico para el período (1970-1998) ha venido creciendo a una tasa del 2.65% aproximadamente, tasa que nos indica un crecimiento lento y estancado y en el cual han participado diversos componentes: un componente relacionado con los factores de producción (mano de obra y capital), y un componente residual o productividad total de los factores, que es la parte del crecimiento del producto que no es explicada por

³⁸ Este supuesto hace alusión al de neutralidad en el sentido de Hicks, es decir, cuando no se modifica la tasa marginal de sustitución entre el capital y el trabajo para una misma tecnología. Fernández B. Jorge y Seinfeld Janice, *ibid*, pág.53.

la acumulación de los factores de producción y que puede contener: exportaciones, importaciones, consumo intermedio (materias primas).

Se pudo precisar de acuerdo a los datos arrojados por los modelos de regresión 1. y 2. del Anexo B, que las variables mano de obra (sueldos y salarios) y stock de capital (k) son significativas en el crecimiento del sector (Ver Anexo D). Las pruebas econométricas realizadas para el modelo de regresión 1. muestran que presenta problemas de autocorrelación (ver Anexo D), razón por la cual hemos seleccionado el modelo de regresión 2. donde se corrige este problema a partir del procedimiento de transformar las variables mediante ecuaciones en primeras diferencias (ver anexo D).

La ecuación del modelo 2. ajustado, se puede representar de la siguiente manera:

$$\ln(\text{Valor agregado per capita en diferencia}) = 0.148621 + 0.433156 * \ln(\text{sueldos y salarios per capita en diferencia}) + 0.327955 * \ln(\text{Stock de Capital en diferencia}).$$

Donde cada uno de los coeficientes representan las elasticidades de la mano de obra y del stock de capital; el coeficiente de la mano de obra indica que ante una variación de la mano de obra en 1% el valor agregado varía aproximadamente en 0.43%, el coeficiente del capital indica que cuando cambia el capital en 1% el valor agregado lo hace en aproximadamente 0.33%. Esto sugiere que la mano de obra tuvo una mayor participación en el período de estudio.

El coeficiente de determinación o medida de bondad de ajuste del modelo (R^2), es en este caso representativo, ya que este nuevo modelo está explicando en un 77.51% las variaciones del Ln(Valor agregado en diferencia). Caso que se constituye “en un signo alentador de un ajuste aparentemente adecuado”³⁹, pero es necesario además realizar las distintas pruebas econométricas de ajuste del modelo para confirmar dicha apreciación (ver Anexo D).

Con base en el modelo 2. del Anexo B y con el Anexo C, se puede analizar la relación entre la tasa de crecimiento del producto del 2.65% aproximadamente y las contribuciones de cada uno de los *inputs* factoriales; se evidencia que la mano de obra contribuye con el 15.04%, al crecimiento del producto, el capital contribuye con un 19.06%, y en una mayor proporción el residuo (PTF) con el 65.9%⁴⁰ (Ver Gráfico 2.).

³⁹ GUJARATI, Damodar, Econometría. México. Mc Graw Hill, tercera edición, 1997, págs. 205, 206.

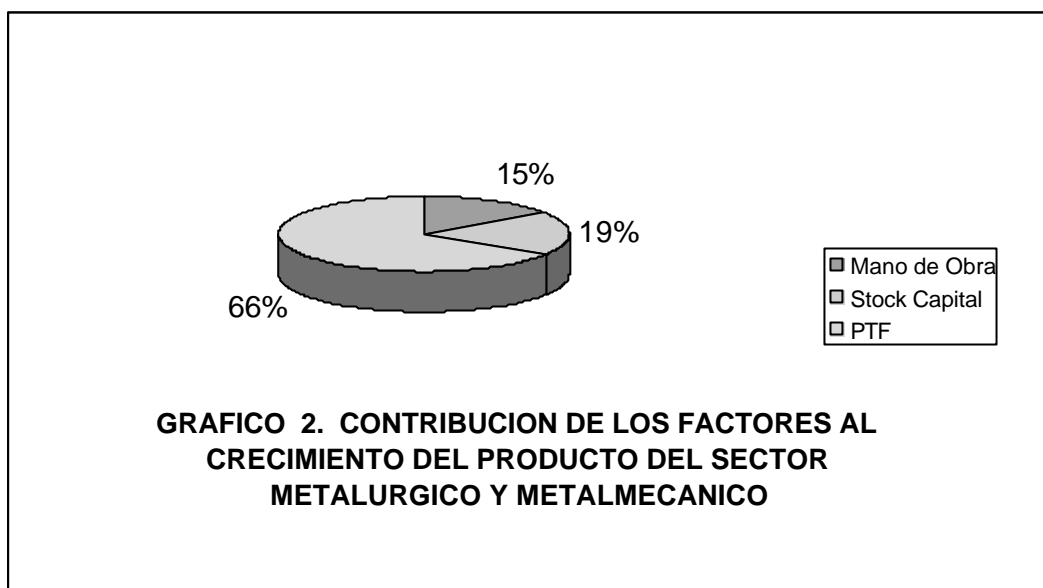
⁴⁰ Para precisar la contribución de cada factor en el producto y calcular el residuo, se han realizado las siguientes operaciones con base en los Anexos B y : a la tasa de crecimiento del producto se le resta las contribuciones de cada uno de los factores así:

Tasa de crecimiento del producto: 2.65% o lo que es lo mismo que el producto experimentó un crecimiento de 2.65 puntos. Se debe precisar con cuanto contribuye cada una de las variables al crecimiento del producto:

Contribución de la mano de obra: el coeficiente de la mano de obra se multiplica por su respectiva tasa de crecimiento (0.4). Este valor corresponde al 15.04% del total del crecimiento.

Contribución del capital: el coeficiente del capital se multiplica por su tasa de crecimiento (0.5). Este valor equivale al 19.06% del total del crecimiento.

$2.65 - 0.9 = 1.75$, este valor resultante es el residuo o productividad total de los factores y su contribución al total del crecimiento es del 66%.



Del gráfico 2. se puede deducir que la mayor contribución al incipiente y lento crecimiento del producto del sector metalúrgico y metalmeccánico, la realiza el componente de la PTF con el 66%.

Como se puede observar en el Cuadro 6. de los factores de crecimiento del valor agregado del sector metalúrgico y metalmeccánico, la serie de la PTF muestra una gran fluctuación para todo el período de análisis y además refuerza el resultado presentado anteriormente de que es el componente que mayor contribución hace al crecimiento del producto (1.39%).

La década de los 80, principalmente hacia finales de ésta; evidencia un uso intensivo del trabajo (1.19%), lo que significó un crecimiento de la PTF de 6.23%. Finalizando la década se empiezan a ver las bondades de la incorporación de nuevas tecnologías en el sistema productivo del sector: mejoras en la calidad, disminución de costos por unidad producida, reducción de defectuosos, disminución de costos de almacenamiento, mejoras en diseño,

eliminación casi total de stocks de productos en proceso, mejoras sustanciales en tiempos de proceso, balanceo más sencillo de las líneas de producción, etc. Esto se constituyó en el resultado de una más eficiente planeación y programación de la producción.

Aunque se estaban realizando mejoras tecnológicas, se considera que “el proceso de automatización en las industrias del país para esta década era todavía muy incipiente, principalmente porque los costos de inversión son bastante altos y porque existe poca información y orientación al respecto. Por otra parte, el gobierno no cuenta todavía con una política clara en esta materia que apoye y estimule la modernización de la industria nacional”⁴¹.

En los años 90 es de destacar la inversión en nuevas tecnologías: CAD-CAM (Diseño Asistido por Computador), Herramientas con Control Numérico Computarizado, dentro de los aspectos mecánicos, eléctricos y electrónicos, utilización del robot⁴²; implantar estas nuevas tecnologías implicaba el logro de objetivos empresariales en términos de: Incrementar la producción reduciendo los costos, elevar la cuota de participación de la empresa en el ámbito del mercado, dada su flexible adaptación a las cambiantes demandas del mismo, reducir el nivel de rechazos y por ende el desperdicio de materia prima, etc.

⁴¹ Ver Carta Metalúrgica, “Incorporación de Nuevas Tecnologías”, Revista No.369, 1988.

⁴² “El robot se constituye en una solución hacia la automatización de las tareas de producción, y dadas las características especiales de estos equipos, resulta imprescindible analizar su funcionalidad dentro de los sistemas de producción, para optimizar la selección, implantación y uso dentro de la organización” (Carta Metalúrgica, Evelio Cortés, “Automatización Industrial”, No.379, 1991).

Para esta década se observa un mayor crecimiento del capital (1.14%) respecto a su crecimiento de la década pasada (0.38%), al contrario la mano de obra mostró una notable caída en su crecimiento al pasar de 1.19% a -2.10%; esto sugiere que en esta década se presentó un desplazamiento del factor mano de obra debido a la reestructuración e incorporación de las nuevas tecnologías al proceso productivo del sector⁴³.

Durante todo el período de análisis aparece la PTF como el componente con mayor contribución al crecimiento del producto (1.39%), seguido del factor capital (0.63%) y finalmente de la mano de obra con -0.42%.

⁴³ “Las industrias básicas de hierro y acero en desarrollo de sus programas de reestructuración redujeron su nivel de empleo en 6.3%. En el sector Metalúrgico el personal ocupado se redujo en 2.8% y 7.3% entre los años 1990 y 1991, mientras que en el sector automotor cayó en 8.3% y 3.8%. La actividad metalmecánica disminuyó la generación de empleo en un 5.6% en 1991 y la de maquinaria eléctrica en 1.5%”. (FEDEMETAL, “Apertura e integración Económica”, 1993).

CUADRO 6. Factores de crecimiento del valor agregado

AÑOS	a*TS%	b*TK%	PTF%
1971	-1,15	0,06	18,27
1972	-0,98	0,73	-28,17
1973	0,02	0,53	10,29
1974	-4,33	0,55	16,91
1975	-3,17	0,12	-9,41
1976	-7,08	0,05	16,99
1977	8,02	0,43	-25,42
1978	8,97	0,38	10,18
1979	-3,57	0,39	4,26
PROM. 70	-0,36	0,36	1,54
1980	-3,02	0,34	7,54
1981	4,16	0,34	2,07
1982	-0,63	0,33	-11,05
1983	7,88	0,40	3,18
1984	2,25	0,41	20,86
1985	6,95	0,39	-2,73
1986	-7,64	0,36	7,44
1987	0,84	0,43	16,74
1988	1,11	0,40	15,48
1989	0,01	0,41	2,74
PROM. 80	1,19	0,38	6,23
1990	-1,41	0,43	-5,49
1991	1,82	0,46	-2,60
1992	5,07	0,51	-22,47
1993	2,38	1,41	-13,34
1994	-0,24	1,01	-2,88
1995	-0,66	1,23	22,68
1996	-2,89	1,60	5,50
1997	5,33	1,69	-0,79
1998	-28,27	1,94	-13,10
PROM. 90	-2,10	1,14	-3,61
PROM. TOTAL	-0,42	0,63	1,39

Fuente: DANE –Encuesta Anual Manufacturera
Cálculos del autor.

a : Participación del trabajo en la generación del producto

TS% : Tasa de crecimiento anual del trabajo

b : Participación del stock de capital en la generación del producto

TK %: Tasa de crecimiento anual del stock de capital

PTF% : Productividad total de los factores. Es la diferencia entre la tasa de crecimiento real del producto y la tasa de crecimiento de los factores.

4.2 INCIDENCIA DE LAS VARIABLES: EXPORTACIONES, IMPORTACIONES Y CONSUMO INTERMEDIO EN LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN DEL SECTOR METALÚRGICO Y METALMECÁNICO, COMO EXPLICATORIAS DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES (PTF)

CUADRO 7. Tasas de crecimiento⁴⁴ (%)

PERIODO	CREC CIRP	CREC X	CREC M
70 - 79	30,14	0,05	0,18
80 - 89	30,22	0,69	4,75
90 - 98	65,25	-8,43	22,86

Fuente: Cálculos propios del autor.

CIRP = Consumo Intermedio Real Per cápita

X = Exportaciones, M = Importaciones

En el Cuadro 7. se puede observar que la variable consumo intermedio (materias primas) mostró un comportamiento creciente a lo largo de todo el período objeto de análisis, experimentó un crecimiento de 30.14% para el período 70-79, en la década del 80 su tasa es de 30.22% y para la década del 90 se duplica notablemente 65.25%. Esto sugiere que el poco crecimiento del sector se basó en el crecimiento del capital y del consumo intermedio y en menor proporción al crecimiento del nivel del empleo.

Es importante incluir el componente de materias primas en el cálculo de la productividad total de los factores, ya que “este equilibra el poder de explicación de la dinámica de acumulación en la industria, y termina afectando en gran medida la contribución del input laboral al cambio técnico, el no

⁴⁴ El cálculo de las tasas de crecimiento de cada variable, se realizó en excel, hallando la tendencia de cada variable.

involucrarla genera sesgos en el cálculo de la productividad industrial”(Bonilla Manuel G., Tendencias de la Productividad en la Industria Manufacturera Colombiana (1974-1989), en: Garay L., *ibid*, 1992).

La variable exportaciones presentó a lo largo del período una tendencia decreciente, para la década del 70 su crecimiento alcanzó sólo el 0.05%, para la década del 80 se incrementó pero en una pequeña proporción 0.69% y para la década del 90 sufrió una caída abrupta del -8.43%. Esta variable no alcanzó un crecimiento del 1%, lo que manifiesta que ella no tuvo un impacto notable en el crecimiento del producto del sector (Ver Cuadro 7.).

Al respecto se puede argumentar que para la década del 90, las políticas de comercio exterior se reestructuraron a partir de la nueva ley que creó el Ministerio de Comercio Exterior. La eliminación de los subsidios CERT y crédito de fomento, desincentivaron los esfuerzos de exportación⁴⁵, particularmente en productos que iniciaban apenas su incursión en los mercados externos o en proceso de consolidación.

El componente de exportación se vio afectado seriamente por las cargas impositivas y porque no se contaba con suficientes líneas de crédito para funcionamiento directo al comprador, reduciéndose de este modo la competitividad de los productos en el mercado internacional.

⁴⁵ Las dificultades en las exportaciones son ampliamente conocidas por todos: falta de capacidad competitiva, devaluación vs. Inflación desequilibrada, eliminación del CERT, etc. Esta situación está agravada con una serie de mayores costos que la deficiencia de infraestructura, la inseguridad, etc., ocasionan al fabricante nacional (puertos, carreteras, ferrocarriles, racionamiento eléctrico y los ya mencionados costos financieros, etc.), sin dvidar que el país está soportando una virtual “economía de guerra”. (Didziulis Algis, Carta Metalúrgica, No.382, 1992).

La variable importaciones experimentó una tendencia creciente, para la década del 70 su tasa de crecimiento fue de 0.18%, para la década del 80 tuvo un marcado incremento 4.75% y finalmente para la década del 90 aumentó en 22.86% (Ver Cuadro 7.).

A principios de la década del 90, la apertura de importaciones⁴⁶ amplió en gran medida las posibilidades del sector para obtener recursos de materias primas e insumos, y rompió la barrera que los ataba para buscar elementos con los que pudiesen agilizar la producción. Esta cadena de protecciones estaba asfixiando a muchas empresas porque no permitía diversificar, innovar, cambiar, ni reconvertir.

Al bajar los costos de importación, bajaron también los de producción en aquellas empresas que emplean materia prima importada y así, muchas lograron mejorar sus márgenes. Otras, tal vez pocas, debieron reprogramar sus sistemas de producción, sustituyendo líneas de fabricación, por productos importados, y con ello, disminuyeron sus costos y recortaron personal, cambiando parcial o totalmente su vocación de industria a comercio.

⁴⁶ En esta década se observa una recuperación en las importaciones de productos metalmecánicos (41.4%), maquinaria y equipo no eléctrico y eléctrico (26.4% y 19.4%) respectivamente y del sector automotor (18.5%). En conjunto el sector explica el 52.8% de las importaciones industriales en Colombia. El mayor peso está en las de bienes de capital con el 26.9%. Le siguen las del sector automotor con el 13.7% y las del metalúrgico con el 9.9%. Con un menor peso están las metalmecánicas, que explican el 2.3%. (FEDEMETAL, Apertura e Integración Económica, 1993)

5. CONCLUSIONES

1. Se infiere de todo el análisis realizado y primordialmente del modelo estimado que el componente que mayor contribución hace al producto del sector metalúrgico y metalmecánico del Valle del Cauca es la PTF o residuo con el 66%. Esto sugiere que existen otros componentes como el consumo intermedio, las importaciones, exportaciones, inversión en nuevas tecnologías en lo que respecta a maquinaria y equipo (tecnologías duras) y mejoras organizativas (tecnologías blandas); todas estas involucradas en el residuo y que pueden ser en gran medida los que están generando una mayor dinamización del sector (Ver Gráfico 2.).

El modelo estimado arrojó que los factores mano de obra y capital son significativos, lo que indica que ellos están aportando al crecimiento del producto, aunque su contribución es en menor proporción: mano de obra con el 15% y el stock de capital con el 19%.

2. Los procesos de automatización llevados a cabo por el sector principalmente a partir del 90, generaron un desplazamiento y disminución de la mano de obra. La política de internacionalización de la economía y el severo programa de ajuste macroeconómico afectaron notablemente a las actividades del sector metalúrgico y metalmecánico;

“en el sector Metalúrgico el personal ocupado se redujo en 2.8% para 1990 y 7.3% para 1991, la actividad metalmeccánica disminuyó la generación de empleo en un 5.6% y la de maquinaria eléctrica en un 1.5%”⁴⁷.

3. El poco crecimiento y estancamiento del sector se debe primordialmente a la falta de mercado, falta de apoyo a los exportadores, falta de financiación y estímulos para la creación de nuevas empresas y ampliación de las existentes, la estrategia de inversión en nuevas tecnologías no se reflejó en incrementos de los niveles de productividad y contrario a lo que se esperaba con esta política de inversión se generó un estancamiento del sector.

Es importante destacar que el poco desarrollo y dinamización del sector se vió afectado en gran medida por las dificultades en las exportaciones: “falta de financiamiento competitivo, devaluación Vs inflación desequilibrada, eliminación del CERT, etc”⁴⁸.

4. Los principales factores de incertidumbre para la decisión de inversión en la coyuntura actual están referidos, a: cambios imprevistos en la política económica, baja demanda, reforma tributaria, apertura de importaciones y altos costos financieros.

⁴⁷ FEDEMETAL, *ibid*, pág. 116.

⁴⁸ FEDEMETAL, *ibid*, pág.59.

5. Las mayores deficiencias instrumentales están referidas a aspectos financieros, puertos, tecnología, administración de aduanas y tramitología, información e infraestructura; esto tuvo gran incidencia en el incipiente desarrollo del sector.

6. A pesar de las inversiones en nuevas tecnologías, el nivel de desarrollo tecnológico del sector metalúrgico y metalmecánico es bajo, esto se debe al poco nivel de dominio de los diferentes procesos que lo caracterizan (proceso de alto horno, hornos eléctricos con ventiladores BOF´S, etc), así como la baja disponibilidad de infraestructura y de recurso humano capacitado para llevarlos a cabo. Esta deficiencia en infraestructura explica la concentración de las empresas en el mercado interno y el que la posición competitiva de ellas a nivel externo sea muy pobre dada la incapacidad de penetrar en mercados externos y mantener su posición en ellos, así mismo la carencia de infraestructura explica en gran medida el grado de ineficiencia de las empresas.

6. RECOMENDACIONES

1. El sector debe disponer de una interfase entre la industria metalmecánica y las universidades y de un sistema educativo capaz de orientar los contenidos de capacitación de los recursos humanos hacia la innovación tecnológica. Esto porque la implementación de nuevas tecnologías llevada a cabo por el sector metalúrgico y metalmecánico requiere de mano de obra cada vez más especializada.
2. La modernización industrial que se debe operar es de gran oportunidad para avanzar dentro del mundo de la alta tecnología y de las tecnologías avanzadas. Hay que aprovechar la inteligencia y la mano de obra disponible dentro del contexto Colombiano y capacitar al manejo de las nuevas tecnologías para que las inversiones que se realicen en el área de las nuevas tecnologías sean operativas y generen los empleos y nuevos productos competitivos en el mercado internacional.
3. El sector debe integrar alta tecnología donde se capaciten técnicos e ingenieros con habilidades para resolver problemas de manera rápida. Esto obliga a que las instituciones gubernamentales como el SENA y las universidades en las áreas tecnológicas, tengan que modernizarse.

4. Los mayores niveles de productividad y la modernización del sector metalúrgico y metalmecánico, deben estar acompañados de la constitución de un sistema de innovación empresarial, que tenga como misión contribuir al fortalecimiento de la capacidad tecnológica de las empresas; el sistema de innovación debe tener como objetivos: el entrenamiento del recurso humano en cuanto al manejo del conocimiento tecnológico, crear programas en el manejo y negociación de tecnologías, modificar la estructura fiscal y arancelaria.

5. Es fundamental el desarrollo de trabajos posteriores basados en un modelo de función de producción tipo Cobb-Douglas, que involucren no solo los factores tradicionales capital y trabajo, sino también la variable inversión en tecnología en la función de producción, para que de esta manera se pueda precisar la contribución o impacto de los desarrollos tecnológicos al sector.

BIBLIOGRAFÍA

CÁRDENAS E, Alba Zulay, Memos de Investigación. Impacto de la Tecnología en la Competitividad del Sector Siderúrgico Colombiano, Bogotá, Universidad de los Andes, folleto No.472, 1998, pags.1-11.

CORTÉS R, Evelio, Automatización Industrial, en: Carta Metalúrgica, No.379, 1991, pags.6, 7.

DANE, Anuario de la Encuesta Anual Manufacturera, 1970-1998.

..... Tabulados de Comercio Exterior, 1970-1998.

DIDZIULIS, Algis, Apertura Económica y su Importancia en la Industria de Bienes de Capital, en: Carta Metalúrgica, No.382, 1992, pags.18-20.

ECHAVARRÍA, Juan J., "Cambio Técnico, Inversión y Reestructuración Industrial en Colombia en: Coyuntura Económica, FEDESARROLLO, Bogotá, 1990, pag. 103-126.

FEDEMETAL, Incorporación de Nuevas Tecnologías, Seminario, en: Carta Metalúrgica No.369, 1988, pag.48.

.....Nuevos Desarrollos en Equipos de Control Numérico, en: Carta Metalúrgica, No.372, 1989 pag.4.

.....Una Empresa que se Moderniza con Nuevas Tecnologías, y primer horno para la fundición de acero hecho en Colombia, en: Carta Metalúrgica, No.373, 1989, pags.47-50.

.....Apertura e Integración Económica, Ed. Gente Nueva, Bogotá, 1993.

FERNÁNDEZ B, Jorge, Capital Humano, Instituciones y Crecimiento, Universidad del Pacífico, Centro de Investigaciones, Lima-Perú, 1995.

GARAY, Luis Jorge, "Estrategia Industrial e Inserción Internacional", Bogotá, Ed. Fescol, 1992.

GAVIRIA R, Mario A. y SIERRA S, Hedmann A., "Medición de la Productividad en la Industria Manufacturera de Risaralda" en: Revista Académica Institucional de la UCPR, pags. 1-17.

GUJARATI, Damodar, Econometría, México. Ed. McGraw-Hill, 1997.

INFORME MONITOR, Bienes de Capital: Alternativa de Desarrollo, Informe especial de Monitor. "Crear la Ventaja Competitiva de Colombia", en: Carta Metalúrgica, Fedemetal, No.387, 1994, pags.5-11.

LORA, Eduardo, Técnicas de Medición Económica, Bogotá, Ed. Tercer Mundo, 1993, Cap.5.

MORENO, Félix, Cap.2 “Las Nuevas Tecnologías de Origen Microelectrónico”, Cap.8 “Los Planes y opiniones para incorporar MHCNC y CAD”, La Automatización Programable en la Metalmecánica Colombiana, Fundación Tecnos, 1991, pags.57-77 y 149-160.

PINEDA, Octavio, La Multicolinealidad en Econometría. Diagnóstico y corrección del Problema, Ed. SITESA, 1992.

PLAZAS, Felio, El Gremio Metalúrgico en el Valle del Cauca, desde una Tachuela hasta un Contenedor, en: Carta Metalúrgica, No.365, 1987, pags.32-43.

PULIDO, Antonio, Modelos Econométricos, Ed. Pirámide S.A, 1989 .

RAIKES, James. Tecnología en Control Numérico baja costos de producción, en: Carta Metalúrgica, No.381, 1992, pags.44, 45.

ROMER, Paul, “Are Nonconvexities Important for Understanding Growth?”, en: American Economics Review, Vol. 80 No.2, Mayo 1990, pags.97-101.

SALAS, Javier, *Econometría aplicada a los Países en Desarrollo. El Caso Mexicano*, Ed. Fondo de Cultura Económica, 1990.

SOLOW, Robert, *Progreso Técnico y Cambio de la Productividad*, pags. 385-401.

WASILEWSKI, L., cap.1 “Generaciones Tecnológicas en la Manufactura de Bienes de Capital”, *Tipos de Tecnologías al Servicio del Desarrollo de la Industria de Bienes de Capital*, ONUDI, 1980, pags. 2-10.

ZERDA, Alvaro, cap.2 “Una Visión Panorámica del Actual proceso de Innovación Tecnológica, de sus impactos sobre el empleo”, *Apertura, Nuevas Tecnologías y Empleo*, Fescol, 1992, pags.35-71.

ANEXOS

**ANEXO A. ESTADÍSTICAS DEL SECTOR METALÚRGICO Y
METALMECANICO EN EL VALLE DEL CAUCA**

**ESTADÍSTICAS DEL SECTOR METALÚRGICO Y METALMECANICO DEL
VALLE DEL CAUCA
(PESOS CONSTANTES, PER CÁPITA)**

AÑOS	SSRP	VARP	CIRP	AFTRP	XRP	MRP
1970	7,103669	26,37650	42,93841191	1,797277748	0,04330835	0,874515927
1971	6,914337	30,90608	4,034384583	21,88276077	0,055405515	0,868164148
1972	6,757637	22,12168	35,80474674	16,32758317	0,071194671	0,925939734
1973	6,760322	24,51976	37,35226997	17,04725057	0,107273927	1,797288009
1974	6,084379	27,73909	37,5027167	3,807100417	0,224519281	5,050076048
1975	5,639547	24,28295	29,86726754	1,640218809	0,170757597	1,900594297
1976	4,718183	26,70238	30,64738405	13,61748562	0,252101339	2,730295703
1977	5,591272	22,17021	30,69868938	12,14096983	0,128609184	11,12662344
1978	6,748791	26,49803	32,53909529	12,901841	0,368818476	4,157213406
1979	6,193157	26,78536	31,24326924	11,36277216	0,138940941	6,675075463
1980	5,761734	28,08965	35,71559673	11,35223561	0,65505167	7,413083705
1981	6,314966	29,93453	35,25625234	11,26716504	0,823437466	9,897127958
1982	6,223357	26,53917	34,71168079	13,7502173	0,952599127	17,85200866
1983	7,354986	29,57998	38,31064818	14,20281998	0,603250411	18,93062619
1984	7,736957	36,53725	41,84780156	13,66806069	0,691685279	15,71050885
1985	8,978139	38,21965	45,38744315	12,79063573	1,033344086	12,42166103
1986	7,394097	38,28032	51,48546376	15,23723969	1,643308198	22,72209202
1987	7,536805	45,17197	53,63510864	14,48537418	1,576984523	25,98194772
1988	7,729655	52,84538	64,00200289	14,9811921	2,239835373	39,38436604
1989	7,732277	54,51831	64,21792115	15,95512383	0,291235588	49,07085763
1990	7,480855	50,99326	62,38503383	17,49224654	33,02075787	25,1568758
1991	7,794453	50,82972	61,70455964	19,59104325	0,800884684	32,79725628
1992	8,707098	42,24768	60,88921728	54,78980359	1,41212352	49,75107222
1993	9,185056	38,21447	64,94820774	41,02935447	20,1468559	271,4188576
1994	9,133251	37,40734	73,60593366	51,42183	37,20866939	338,3541388
1995	8,994474	46,10612	71,07861749	69,41424448	44,89610172	443,3041964
1996	8,393365	48,04684	66,42350829	76,7387794	154,467126	593,888942
1997	9,425817	51,03818	77,80669034	93,56349057	136,73801	721,1684691
1998	3,273522	30,91351	44,29086783	42,20398031	100,418012	239,4941094

FUENTE: DANE, ENCUESTA ANUAL MANUFACTURERA, ANUARIO COMERCIO
EXTERIOR
CALCULOS PROPIOS DEL AUTOR

SSRP: Sueldos y Salarios Real Percápita
VARP: Valor Agregado Real Percápita
CIRP: Consumo Intermedio Real Percápita
AFTRP: Activo Fijo Real Percápita
XRP: Exportaciones Real Percápita
MRP: Importaciones Real Percápita

CALCULOS DEL STOCK DE CAPITAL

AÑOS	h=aftr/var	g=crec v.a.	k
1970	6,813935229		983,8482381
1971	70,80404957	17,17280287	985,6455159
1972	73,80803661	-28,4228772	1007,528277
1973	69,52451698	10,84040714	1023,85586
1974	13,72467309	13,12952378	1040,90311
1975	6,754610446	-12,45947294	1044,710211
1976	50,99725881	9,963514637	1046,35043
1977	54,76251668	-16,97289627	1059,967915
1978	48,68980038	19,52086018	1072,108885
1979	42,42156991	1,084337873	1085,010726
1980	40,41429647	4,869406666	1096,373498
1981	37,63935335	6,567831717	1107,725734
1982	51,81101055	-11,34259896	1118,992899
1983	48,01497036	11,45778778	1132,743116
1984	37,40856287	23,52019168	1146,945936
1985	33,46611882	4,604629997	1160,613997
1986	39,80436843	0,15872332	1173,404633
1987	32,06717087	18,00312547	1188,641872
1988	28,34910417	16,98709607	1203,127246
1989	29,26562435	3,165705482	1218,108439
1990	34,30305571	-6,465808703	1234,063562
1991	38,54249619	-0,320708109	1251,555809
1992	129,6871117	-16,8838917	1271,146852
1993	107,3659924	-9,546574976	1325,936656
1994	137,4645406	-2,112124817	1366,96601
1995	150,5531805	23,25422724	1418,38784
1996	159,716598	4,209225844	1487,802085
1997	183,3205647	6,22589366	1564,540864
1998	136,5227648	-39,43062289	1658,104355

Fuente: DANE; Encuesta Anual Manufacturera.
Cálculos Propios del autor.

**SERIES EN LOGARITMO NATURAL,
MODELO 1.**

AÑOS	LNVARP	LNSSRP	LNKRP
1970	3,27247353	1,960611459	6,891471656
1971	3,430953137	1,933597143	6,893296773
1972	3,09655846	1,910673408	6,91525536
1973	3,199479667	1,91107057	6,931331034
1974	3,322842872	1,805724724	6,947843991
1975	3,189774538	1,729803844	6,951494816
1976	3,284752978	1,551423959	6,953063607
1977	3,098749897	1,72120685	6,965993918
1978	3,27707063	1,909363452	6,977382908
1979	3,287855641	1,823445068	6,989345152
1980	3,335401285	1,751238627	6,999763193
1981	3,399012799	1,842922422	7,010064304
1982	3,278622128	1,82830953	7,020184362
1983	3,387097876	1,995378575	7,032397506
1984	3,598332328	2,046008538	7,044857981
1985	3,643349957	2,194792653	7,056704452
1986	3,644935932	2,000681993	7,067664744
1987	3,810476857	2,019798484	7,080566651
1988	3,967370309	2,045064342	7,092679485
1989	3,99853661	2,045403404	7,105054474
1990	3,931693476	2,012347138	7,118067712
1991	3,928481241	2,053412416	7,132142703
1992	3,74354958	2,164138626	7,147674805
1993	3,643214472	2,21757785	7,189874399
1994	3,621866979	2,211921749	7,220348972
1995	3,830945903	2,196610471	7,257276182
1996	3,872176383	2,127441605	7,305055199
1997	3,932574096	2,243452503	7,355347682
1998	3,431193347	1,18586671	7,413430274

Fuente: Cálculos propios

LNVARP: Logaritmo Natural del Valor Agregado Real Percápita

LNSSRP: Logaritmo Natural de Sueldos y Salarios Real Percápita

LNKRP: Logaritmo Natural de Stock de Capital Real Percápita

ANEXO B. MODELOS ECONOMETRICOS

Modelo 1.

LS // Dependent Variable is LNVARP				
Date: 06/12/01 Time: 17:16				
Sample: 1970 1998				
Included observations: 29				
LNVARP=C(1)+C(2)*LNSSRP+C(3)*LNKRP				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-5.996721	1.697594	-3.532483	0.0016
C(2)	0.620910	0.149018	4.166672	0.0003
C(3)	1.176797	0.244789	4.807400	0.0001
R-squared	0.659802	Mean dependent var		3.533081
Adjusted R-squared	0.633633	S.D. dependent var		0.288203
S.E. of regression	0.174444	Akaike info criterion		-3.394603
Sum squared resid	0.791200	Schwarz criterion		-3.253159
Log likelihood	11.07253	F-statistic		25.21307
Durbin-Watson stat	0.751327	Prob(F-statistic)		0.000001

Modelo 2.

LS // Dependent Variable is LNVARPDIF				
Date: 06/12/01 Time: 17:38				
Sample: 1970 1998				
Included observations: 29				
LNVARPDIF=C(1)+C(2)*LNSSRPDIF+C(3)*LNKRPDIF				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.148620	0.144742	1.026791	0.3140
C(2)	0.433156	0.124271	3.485579	0.0018
C(3)	0.327956	0.062767	5.225000	0.0000
R-squared	0.775181	Mean dependent var		1.376424
Adjusted R-squared	0.757887	S.D. dependent var		0.280704
S.E. of regression	0.138121	Akaike info criterion		-3.861560
Sum squared resid	0.496009	Schwarz criterion		-3.720115
Log likelihood	17.84340	F-statistic		44.82422
Durbin-Watson stat	1.667679	Prob(F-statistic)		0.000000

ANEXO C. TASAS DE CRECIMIENTO

TASAS DE CRECIMIENTO

LS // Dependent Variable is LNVARP				
Date: 06/17/01 Time: 20:06				
Sample: 1970 1998				
Included observations: 29				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.162193	0.066126	47.82048	0.0000
TEND	0.026492	0.004054	6.534019	0.0000
R-squared	0.612589	Mean dependent var	3.533081	
Adjusted R-squared	0.598240	S.D. dependent var	0.288203	
S.E. of regression	0.182676	Akaike info criterion	-3.333609	
Sum squared resid	0.901005	Schwarz criterion	-3.239313	
Log likelihood	9.188121	F-statistic	42.69341	
Durbin-Watson stat	0.831384	Prob(F-statistic)	0.000001	

LS // Dependent Variable is LNSSRP				
Date: 06/19/01 Time: 10:41				
Sample: 1970 1998				
Included observations: 29				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.818039	0.078094	23.28019	0.0000
TEND	0.009153	0.004788	1.911572	0.0666
R-squared	0.119204	Mean dependent var	1.946182	
Adjusted R-squared	0.086582	S.D. dependent var	0.225730	
S.E. of regression	0.215737	Akaike info criterion	-3.000921	
Sum squared resid	1.256643	Schwarz criterion	-2.906625	
Log likelihood	4.364140	F-statistic	3.654107	
Durbin-Watson stat	1.112565	Prob(F-statistic)	0.066599	

LS // Dependent Variable is LNKRP				
Date: 06/19/01 Time: 12:30				
Sample: 1970 1998				
Included observations: 29				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.855418	0.014998	457.0747	0.0000
TEND	0.015415	0.000920	16.76252	0.0000
R-squared	0.912333	Mean dependent var		7.071229
Adjusted R-squared	0.909086	S.D. dependent var		0.137416
S.E. of regression	0.041434	Akaike info criterion		-6.300848
Sum squared resid	0.046352	Schwarz criterion		-6.206552
Log likelihood	52.21308	F-statistic		280.9820
Durbin-Watson stat	0.134830	Prob(F-statistic)		0.000000

ANEXO D. PRUEBAS ECONOMETRICAS

PRUEBAS ECONOMETRICAS

PRUEBA DE SIGNIFICANCIA

Para determinar la significancia de cada una de las variables en el modelo, se utiliza una prueba $-t$. Primero se realiza la prueba para la variable mano de obra y luego para el capital; se comparan los estadísticos de prueba arrojados en la regresión con los valores críticos de la tabla de la distribución t .

Planteamiento de Hipótesis:

$H_0: \beta_2 = 0$ La mano de obra no es significativa

$H_a: \beta_2 \neq 0$ La mano de obra es significativa

Niveles de significancia: 5%, 10% y 1%

Regla de Decisión: Rechazar H_0 si el estadístico t calculado es mayor que el valor crítico de la tabla de distribución t .

Los valores críticos de la tabla, para un tamaño de muestra $n = 29$ y con $K = 3$, con 26 grados de libertad son los siguientes:

$$\alpha (5\%) = 2.056$$

$$\alpha (10\%) = 1.706$$

$$\alpha (1\%) = 2.779$$

Estadístico $t = 3.48$

Regla de decisión: Como el t calculado es mayor que los valores críticos de la tabla t a todos los niveles de significancia, se rechaza la hipótesis nula, lo que quiere decir que la variable mano de obra si es significativa.

Planteamiento de Hipótesis:

$H_0 : \beta_3 = 0$ El stock de capital no es significativo

$H_a : \beta_3 \neq 0$ El stock de capital es significativo

Regla de Decisión: Rechazar H_0 si el estadístico t calculado es mayor que el valor crítico de la tabla de distribución t.

Los valores críticos de la tabla, para un tamaño de muestra $n= 29$ y con $K =3$, con 26 grados de libertad son los siguientes:

$\alpha (5\%) = 2.056$

$\alpha (10\%) = 1.706$

$\alpha (1\%) = 2.779$

t calculado = 5.22

Regla de Decisión: Como el t calculado es mayor que el t de tabla a todos los niveles de significancia, se rechaza la hipótesis nula, o sea que la variable stock de capital si es significativa.

PRUEBA DE SIGNIFICANCIA F

Para precisar la significancia de todas las variables en conjunto se realiza una prueba F.

Planteamiento de Hipótesis:

$H_0 : \beta_2 = \beta_3 = 0$ Los parámetros de la mano de obra y del capital no son significativos en conjunto para explicar el valor agregado del sector metalúrgico y metalmecánico.

$H_a : \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0$ Los parámetros de la mano de obra y del capital son significativos en conjunto para explicar el valor agregado del sector metalúrgico y metalmecánico.

Regla de Decisión: Rechazar la hipótesis nula si el F calculado es mayor que el valor crítico de la tabla F.

Los valores críticos de la tabla para $n=29$, con 2 grados de libertad en el numerador y 26 grados de libertad en el denominador, son los siguientes:

$$\alpha (5\%) = 3.37$$

$$\alpha (10\%) = 2.52$$

$$\alpha (1\%) = 5.53$$

$$F \text{ calculado} = 44.82$$

Regla de decisión: dado que 44.82 es mayor que los valores críticos de la tabla F a todos los niveles de significancia, se rechaza la hipótesis nula, entonces si existe una relación en conjunta entre la mano de obra y el capital con el valor agregado.

AUTOCORRELACION

El concepto de autocorrelación se define como la “correlación existente entre los miembros de una serie de observaciones ordenadas en el tiempo (como en información de series de tiempo) o en el espacio (como en información de corte transversal)”⁴⁹. Este problema se presenta con mayor frecuencia en un contexto de series temporales, donde las perturbaciones entre períodos están correlacionadas serialmente; o en otras palabras, se da la correlación serial cuando los errores asociados con las observaciones correspondientes a un período de tiempo dado se trasladan a períodos de tiempo futuros. El presente estudio está fuertemente ligado al tiempo, por lo que es necesario precisar la existencia o no de este problema.

Existen dos procedimientos para detectar esta situación:

1. Utilizando el gráfico de residuales para observar tendencias.
2. El método analítico, entre los que se destacan la prueba de aleatoriedad o de corridas (prueba de Geary) y la prueba de Durbin Watson. Esta última prueba es la que más se utiliza en la actualidad, por lo que la he seleccionado para aplicarla en este estudio; se basa en la suma de las diferencias cuadráticas de residuales sucesivos sobre la suma de residuales al cuadrado (SRC).

⁴⁹ Maurice G. Kendall y William R. Buckland, A Dictionary of Statistical Terms, Hafner Publishing Company, New York, 1971, p.8.

$$d = \frac{\sum (e_t - e_{t-1})^2}{\sum e_t^2}$$

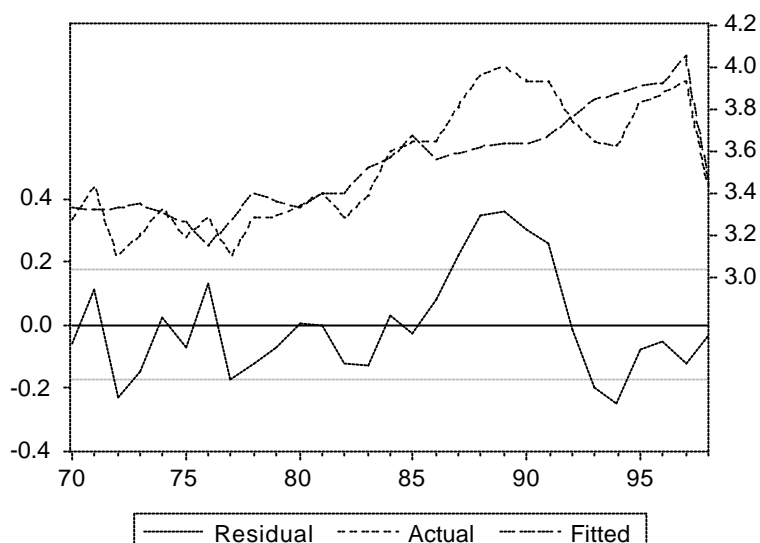
La regresión No.1 del Anexo B, muestra un estadístico Durbin Watson igual a 0.751327, valor que sugiere la existencia de correlación serial positiva en los residuales; esto se puede constatar a partir de la tabla de Durbin Watson, para $n=29$ observaciones, $k= 2$ variables explicativas (excluyendo el intercepto), se encuentran los valores críticos: $d_L = 1.270$ y $d_U = 1.563$, $d_L = 1.054$ y $d_U = 1.332$, para un nivel de significancia del 5% y 1% respectivamente. Puesto que el valor estimado 0.751327 se encuentra en el rango $0 < d < d_L$, no se puede rechazar la hipótesis de que hay correlación serial positiva en los residuales (ver tabla de reglas de decisión):

TABLA
Prueba de Durbin-Watson: Reglas de decisión⁵⁰

Hipótesis nula	Decisión	Sí
No autocorrelación positiva	Rechazar	$0 < d < d_L$
No autocorrelación positiva	No tomar decisión	$d_L = d = d_U$
No correlación negativa	Rechazar	$4 - d_L < d < 4$
No correlación negativa	No tomar decisión	$4 - d_U = d = 4 - d_L$
No autocorrelación, posit. o negat.	No rechazar	$d_U < d < 4 - d_U$

La presencia de autocorrelación se puede verificar también observando la tendencia que se presenta en la gráfica de residuales.

⁵⁰ Ver GUJARATI, ibid, pág. 415.



GRAFICA 3. TENDENCIA DE RESIDUALES

Debido a que la información utilizada en el presente trabajo tiene serios problemas de autocorrelación, se optó por corregir esta situación a través del proceso de transformación de variables; es decir, transformando las variables: Invarp (logaritmo natural del valor agregado real per cápita), Inssrp (logaritmo natural de sueldos y salarios real per cápita) y Inkrp (logaritmo natural del stock de capital real per cápita), mediante ecuaciones en diferencia (Ver cuadro Series transformadas mediante ecuaciones en diferencia):

$$Y_t^* = A^* + a^* L_t^* + \beta^* K_t^* + \dots + e_t$$

Cada una de las variables que la conforman se deduce de la siguiente manera:

$$Y_t^* = (Y_t - \alpha Y_{t-1})$$

$$A^* = A(1 - \alpha)$$

$$a^* L_t^* = a(L_t - \alpha L_{t-1})$$

$$\beta^* K_t^* = \beta(K_t - \alpha K_{t-1})$$

Para calcular α se utilizó la siguiente ecuación:

$$\alpha = 1 - (d/2)$$

Para el primer dato el cálculo es:

$$Y_1^* = Y_{1V1} - \rho^2$$

La ecuación general para este procedimiento se representa de la siguiente manera:

$$\{ \text{Ln (Valor Agregado per cápita)}_t - \rho * \text{Ln (Valor Agregado per cápita)}_{t-1} \} = \beta_1(1 - \rho) + \beta_2 \{ \text{Ln(Salarios per cápita)}_t - \rho * \text{Ln(Salarios per cápita)}_{t-1} \} + \beta_3 \{ \text{Ln (Stock de capital per cápita)}_t - \rho * \text{Ln(Stock de capital per cápita)}_{t-1} \}.$$

Aplico la prueba de Durbin Watson al modelo en primeras diferencias para detectar problemas de autocorrelación. El estadístico Durbin para este modelo (ver regresión 2. del anexo B) es de 1.667679, de acuerdo a los valores de la tabla de Durbin Watson hallados anteriormente, se determina que el valor estimado se encuentra en el rango $d_U < d < 4 - d_U$ (Ver tabla reglas de decisión), lo que indica acogerse a la decisión de no rechazar la hipótesis nula de no autocorrelación positiva ó negativa.

**SERIES TRANSFORMADAS MEDIANTE ECUACION
EN DIFERENCIA MODELO 2.**

AÑOS	LNVARPDIF	LNSSRPDIF	LNKRPDIF
1970	2,55631074	1,53154245	5,383311073
1971	1,38782847	0,70951585	2,590699479
1972	0,95448919	0,70345814	2,611518579
1973	1,2661852	0,71816742	2,613884706
1974	1,32529093	0,61257361	2,620361033
1975	1,11520245	0,60242399	2,613702216
1976	1,29326031	0,47144428	2,612991664
1977	1,04795872	0,75259625	2,624942521
1978	1,34240796	0,83475119	2,628258647
1979	1,24186083	0,63135977	2,633110328
1980	1,282673	0,61279532	2,636059903
1981	1,31660003	0,74956023	2,639856652
1982	1,15649437	0,6777058	2,64354535
1983	1,34013441	0,8538982	2,649440172
1984	1,4836435	0,80022086	2,654275535
1985	1,39677975	0,91739484	2,658342477
1986	1,37025957	0,63039283	2,661906586
1987	1,53481031	0,77069969	2,667965581
1988	1,58835053	0,78403043	2,672023284
1989	1,52156252	0,76859509	2,676835789
1990	1,43526112	0,73532714	2,68212287
1991	1,4737815	0,79703065	2,688073221
1992	1,29085535	0,88211831	2,694817792
1993	1,30597983	0,86642711	2,727320128
1994	1,34727521	0,82740696	2,731447954
1995	1,56968215	0,81562699	2,749348776
1996	1,48037703	0,75601751	2,774072788
1997	1,51503305	0,91521306	2,794535087
1998	0,9759438	-0,21480257	2,821218246

Fuente: Cálculos propios del autor

LNVARPDIF: Logaritmo Natural Valor Agregado Real Per cápita primeras diferencias
 LNSSRPDIF: Logaritmo Natural Sueldos y Salarios Real Per cápita primeras diferencias
 LNKRPDIF: Logaritmo Natural Stock de Capital Real Per cápita primeras diferencias

MULTICOLINEALIDAD

En la modelación econométrica es frecuente que se presente también el problema de la Multicolinealidad, situación que se da cuando existe una fuerte relación lineal entre algunas o la totalidad de las variables explicativas del modelo, lo que dificulta la interpretación o utilización del mismo. Es preciso aclarar que “la Multicolinealidad es una cuestión de grado y no de clase, por lo que la distinción significativa no es entre la presencia o ausencia de este fenómeno en un modelo, sino entre sus varios grados”⁵¹

Para detectar la existencia o no de este problema recurrimos a dos criterios:

1. Mediante la matriz de correlaciones, observando el coeficiente de correlación entre las parejas de regresores (explicativas); si el coeficiente es alto, por ejemplo superior a 0.8⁵², se considera que la Multicolinealidad es un problema grave.

MATRIZ DE CORRELACIONES

	LNSSRPDIF	LNKRPDIF
LNSSRPDIF	1.0	0.572232
LNKRPDIF	0.572232	1.0

⁵¹ Véase, KMENTA, J. Elements of Econometrics, The Macmillan Company, 1971, pp. 380-391.

⁵² Ver GUJARATI, ibid, p.331.

La matriz muestra un coeficiente de correlación entre la variable stock de capital y salarios en primeras diferencias de 0.572232, lo que indica que el problema no está presente, porque el coeficiente es mas bien pequeño e inferior a 0.8.

2. La prueba de Haitovsky⁵³:

H₀: Hay Multicolinealidad ($|R_X| = 0$)

H_a: No hay Multicolinealidad ($|R_X| > 0$)

Regla de Decisión: Rechazar H₀ si el estadístico H calculado es mayor que una chi-cuadrado X² con (1/2)L(L-1) grados de libertad.

Estadístico:

$$H = -[n-1-1/6(2L+5)] \cdot \log(1 - |R_X|)$$

Donde:

N= tamaño de la muestra

L= número de regresores en el modelo

$|R_X|$ = determinante de la matriz de correlaciones

Calculamos el determinante de la matriz de correlaciones mostrada

anteriormente $|R_X| = 0.672550538176$ y el estadístico H, teniendo en cuenta que n=29, L=2.

$$H = -[29-1-1/6(2(2)+5)] \cdot \log(1-0.672550538176)$$

117

⁵³ Ver PINEDA, Octavio, La Multicolinealidad en econometría. Diagnóstico y corrección del problema, SITESA, 1992, p.48.

$$H = -[159/6] * (-0.4848557190)$$

$$H = 12.8486766$$

Los valores críticos de la tabla X^2 para 1 grado de libertad, a un nivel de significancia del 5% y del 1% son 3.84146 y 6.63490 respectivamente.

Regla de decisión: como 12.8486766 es mayor que los valores de tabla tanto al 5% como al 1%, se rechaza la hipótesis nula por lo que deducimos que el modelo no presenta este problema.

HETEROCEDASTICIDAD

El problema de la Heterocedasticidad se presenta “cuando no se cumple el supuesto de que la varianza de los errores debe ser constante para la muestra en estudio. Es más frecuente en datos de corte transversal que en datos de series de tiempo, debido a la naturaleza de los primeros datos”⁵⁴.

Una manera remedial de disminuir la presencia de este problema es cuando se corren las variables transformadas en términos de logaritmos⁵⁵, ya que las transformaciones logarítmicas reducen las escalas en que se miden las variables, disminuyendo así una diferencia de diez veces a una de dos veces. De esta manera el número 80 es 10 veces el número 8, pero $\ln 80$ ($=4.3820$) es aproximadamente 2 veces mayor que el $\ln 8$ ($=2.0794$). Para el modelo en cuestión hemos corrido las variables transformadas en términos de logaritmos, lo que podría evitar la presencia de este problema; pero se hace necesario para constatar la existencia o no de este problema y así tener una mayor confiabilidad en el modelo estimado, realizar una prueba de heterocedasticidad.

Para este caso se escogió la prueba de Golfeld-Quandt, por ser menos compleja; esta se puede aplicar directamente mediante la estimación de dos regresiones cuya muestra se divide en dos porciones, asociadas con varianzas altas y bajas respectivamente.

119

Pasos a seguir con este método:

⁵⁴ SALAS, Javier, *Econometría aplicada a los países en desarrollo. El caso Mexicano*, Fondo de Cultura Económica, 1990, p.252.

⁵⁵ Ver GUJARATI, *ibid*, Cap.11.

1. Se seleccionó la variable independiente capital, pues es la que presenta “un comportamiento creciente a través del tiempo”⁵⁶, y se ordenan las observaciones en orden ascendente de acuerdo a los valores de esta variable.
2. Omitir C observaciones centrales, para este caso seleccionamos C=5 para un tamaño de muestra n=29; pues entre menos observaciones centrales se eliminen se obtendrá una prueba más potente porque se pierden menos grados de libertad⁵⁷.
3. Se ajustan dos regresiones mco y se obtienen las respectivas SRC₁ y SCR₂ (Sumas de Residuos al Cuadrado); donde SRC₁ corresponde a los valores pequeños de X y SCR₂ está asociada con los valores grandes de X, cada suma tiene $(n-c-2k / 2)$ grados de libertad. Donde n= tamaño de la muestra, C es el número de observaciones centrales eliminadas y k= número de parámetros incluido el intercepto.
4. Se calcula el estadístico F dividiendo SRC₂ entre SRC₁.

⁵⁶ Ver PULIDO, Antonio, Modelos Económicos, Ed. Pirámide, 1989, p.277.

⁵⁷ Ver GUJARATI, ibid, p.368.

REGRESIÓN CON VALORES PEQUEÑOS SRC₁

LS // Dependent Variable is LNVARPDIF				
Date: 06/13/01 Time: 12:37				
Sample: 1970 1981				
Included observations: 12				
LNVARPDIF=C(1)+C(2)*LNSSRPDIF+C(3)*LNKRPDIF				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	2.338610	7.703771	0.303567	0.7684
C(2)	-0.043486	0.469105	-0.092700	0.9282
C(3)	-0.412529	2.951373	-0.139775	0.8919
R-squared	0.003564	Mean dependent var		1.227521
Adjusted R-squared	-0.217866	S.D. dependent var		0.131393
S.E. of regression	0.145001	Akaike info criterion		-3.649710
Sum squared resid	0.189228	Schwarz criterion		-3.528483
Log likelihood	7.870998	F-statistic		0.016096
Durbin-Watson stat	2.904410	Prob(F-statistic)		0.984061

REGRESION CON VALORES GRANDES SRC₂

LS // Dependent Variable is LNVARPDIF				
Date: 06/13/01 Time: 12:30				
Sample: 1987 1998				
Included observations: 12				
LNVARPDIF=C(1)+C(2)*LNSSRPDIF+C(3)*LNKRPDIF				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.286853	0.144363	1.987028	0.0782
C(2)	0.455798	0.117997	3.862788	0.0038
C(3)	0.291121	0.058530	4.973915	0.0008
R-squared	0.913268	Mean dependent var		1.505034
Adjusted R-squared	0.893994	S.D. dependent var		0.370926
S.E. of regression	0.120768	Akaike info criterion		-4.015447
Sum squared resid	0.131265	Schwarz criterion		-3.894220
Log likelihood	10.06542	F-statistic		47.38391
Durbin-Watson stat	0.924853	Prob(F-statistic)		0.000017

Esta prueba postula las siguientes hipótesis:

$H_0: s^2_1 = s^2_2$ El modelo es homocedástico

$H_a: s^2_1 \neq s^2_2$ El modelo es heterocedástico

Estadístico:

$SRC_1 = 0.189228$ y $SRC_2 = 0.131265$

$$F = \frac{0.131265}{0.189228} = 0.6937$$

Para $n=29$, $C=5$ y $k=3$, se tienen $(29-5-2(3))/2$ lo que es igual a 9 grados de libertad.

Los valores críticos de la tabla F, a un nivel de significancia del 5% y 1% son 3.18 y 5.35 respectivamente.

Regla de Decisión: Debido a que el estadístico calculado 0.6937 es menor que los valores de la tabla F tanto al 5% como al 1%, se acepta la hipótesis nula de homocedasticidad.