

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y DEL MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO



**INFORME FINAL
CONTRATO 1517 - 30 – 2004**

Abril 2005

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. ASPECTOS GENERALES DEL GRUPO DEL PLATINO	6
1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO (MGP)	6
1.1.1 El platino (Pt)	6
1.1.2 El paladio (Pd)	8
1.1.3 El iridio (Ir)	9
1.1.4 El rutenio (Ru)	10
1.1.5 El rodio (Rh)	11
1.1.6 El osmio (Os)	12
1.1.7 Propiedades físico químicas del los MGP	14
1.2 ORIGEN DE LOS YACIMIENTOS DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO	18

1.2.1	Teoría sobre el origen de los depósitos primarios de los MGP	18
1.2.2	Tipos de depósitos primarios de los MGP	21
1.2.3	Depósitos secundarios	22
1.3	MINERÍA Y METALURGIA DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO EN LOS YACIMIENTOS PRIMARIOS MÁS IMPORTANTES DEL MUNDO	23
1.3.1	Extracción	23
1.3.2	Concentración	24
1.3.3	Refinado	24
1.3.4	Reciclado del platino	25
1.4	EL PLATINO EN COLOMBIA	25
1.4.1	Legislación minero – ambiental	25
1.4.2	Manifestaciones de platino en Colombia (preliminar)	26
1.4.2.1	En el departamento de Nariño	27
1.4.2.2	En el departamento del Cauca	27
1.4.2.3	En el departamento de Antioquia	27

2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LOS MERCADOS NACIONAL E INTERNACIONAL DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO	30
2.1 MERCADO MUNDIAL	30
2.1.1 Usos	30
2.1.1.1 Catalizadores para automotores	30
2.1.1.2 Industria química	31
2.1.1.3 Sector eléctrico y electrónico	32
2.1.1.4 Joyería	34
2.1.1.5 Sector petrolero	35
2.1.1.6 Fabricación de vidrio	35
2.1.1.7 Inversión como atesoramiento	36
2.1.1.8 Otros usos	38
2.1.2 Tamaño del mercado mundial	39
2.1.2.1 Platino	39
2.1.2.2 Paladio	42

2.1.2.3 Rodio	46
2.2 MERCADO NACIONAL	50
2.2.1 Producción	50
2.2.1.1 Pacífico Norte	52
2.2.1.2 Pacífico Sur	55
2.2.1.3 Región occidental	56
2.2.2 Demanda	58
2.2.3 Exportaciones	59
2.2.4 Importaciones	63
3. MODELO PARA ESTIMAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS PRECIOS DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO EN EL CORTO PLAZO	69
3.1 MODELO ESTOCÁSTICO DE OFERTA Y DEMANDA PARA LA DETER- MINACIÓN DEL PRECIO DEL PLATINO	71
3.1.1 Estructura del modelo: ecuaciones de oferta y demanda	72
3.1.2 Solución del modelo	77

3.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA Y DETERMINANTES DEL COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO (MGP)	78
3.2.1 Estadísticas descriptivas y evolución de las variables a pronosticar	78
3.2.2 Análisis de cointegración	88
3.3 MODELO DE ANÁLISIS UNIVARIADO PARA LAS SERIES HISTÓRICAS DEL PRECIO INTERNO DEL PLATINO	103
3.4 BASE DE DATOS HISTÓRICA	118
3.4.1 Base de datos histórica de producción	119
3.4.2 Base de datos histórica de precios de los metales del grupo del platino (MGP)	120
4. MODELO DE ANÁLISIS SEMESTRAL DE MERCADO	122
4.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES PARA EL ANÁLISIS SEMESTRAL	122
4.2 MODELO DE VECTOR AUTORREGRESIVO ESTRUCTURAL-VAREST-PARA EL PRECIO INTERNO DEL PLATINO	125
5. ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN NACIONAL	139

5.1 POTENCIAL PLATINÍFERO DE COLOMBIA	139
5.1.1 Marco geológico	143
5.1.1.1 Departamento de Nariño	144
5.1.1.2 Departamento del Cauca	144
5.1.1.3 Departamento del Valle del Cauca	144
5.1.1.4 Departamento de Antioquia	145
5.1.1.5 Departamento del Chocó	145
5.1.2 Complejos ultramáficos como fuente primaria de los metales del grupo del platino (MPG)	146
5.2 PRODUCCIÓN NACIONAL	147
5.2.1 Generalidades	147
5.2.2 Productores	154
5.2.2.1 Barequeo	155
5.2.2.2 Minería semimecanizada	156
5.2.2.3 Minería mecanizada	156

5.2.3 Producción platinífera en zonas con potencial	157
5.2.3.1 Región Pacífico Sur	158
5.2.3.2 Región Pacífico Norte	162
5.2.3.3 Región occidental de los departamentos de Antioquia y Córdoba	165
5.3 MERCADO INTERNO DEL PLATINO	168
5.3.1 Actores de la cadena del mercado interno del platino	168
5.3.1.1 Intermediario 1	168
5.3.1.2 Intermediario 2	169
5.3.1.3 Intermediario 3. Negociante itinerante	169
5.3.1.3.1 Comprador extranjero	169
5.3.1.3.2 Compra ventas en Quibdo	170
5.3.1.3.3 Banco de la República	170
5.4 CONSUMO INTERNO DEL PLATINO	171
5.4.1 Refinadores	171

5.4.2	Industria	172
5.4.3	Joyereros	172
5.5	PRECIO INTERNO DEL PLATINO	173
5.5.1	Región Pacífico Sur	173
5.5.2	Precio del platino en la región Pacífico Norte	176
5.5.3	Precio del platino en la región Antioquia – Córdoba	179
6.	ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS, BENEFICIOS Y REFINACIÓN DEL PLATINO	180
6.1	PALMIRA	180
6.1.1	Historia de la refinación	180
6.1.2	Adquisición y precios de la materia prima	182
6.1.3	Demanda de la materia prima	183
6.1.4	Producción y mercadeo	184
6.2	MEDELLÍN	185
7.	ANÁLISIS D.O.F.A. DE LA ESTRUCTURA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO POR REGIONES PRODUCTORAS	187

7.1 DEBILIDADES	187
7.2 OPORTUNIDADES	190
7.3 FORTALEZAS	192
7.4 AMENAZAS	193
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA HACER MÁS COMPETITIVA LA OFERTA NACIONAL DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO (MGP)	205
8.1 CONCLUSIONES	205
8.2 RECOMENDACIONES	210
LISTA DE DIAGRAMAS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	
LISTA DE GRÁFICAS	
LISTA DE TABLAS	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

LISTA DE DIAGRAMAS

	Pág.
Diagrama 1 Proceso iterativo de Box- Jenkins para construir modelos	105
Diagrama 2 Mercadeo de platino explotado por barequeros en la región Pacífico Sur	175
Diagrama 3 Mercadeo de platino explotado por mediana minería mecanizada en la región Pacífico Sur	175
Diagrama 4 Mercadeo de platino explotado por barequeros en la región Pacífico Norte	178
Diagrama 5 Mercadeo de platino explotado por mediana minería mecanizada en la región Pacífico Norte	178

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Diagrama de tamaño vs. carga iónica	19
Figura 2 Modelo de formación de minerales con platino.	21
Figura 3 Proceso de producción de los metales del grupo del platino.	23
Figura 4 Principales zonas de ocurrencia platiníferas.	28
Figura 5 Mapa geológico zona Sur	139
Figura 6 Mapa geológico zona Norte	140
Figura 7 Esquema de condiciones para la acumulación de los MGP en el Occidente Colombiano	142
Figura 8 Mapa de infraestructura zona Sur	148
Figura 9 Mapa de infraestructura zona Norte	149

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Sistema de pesada de metales preciosos por medio de balanzas de contrapeso

Fotografía 2 Explotación de nivel conglomerático de color gris, con tenores de oro económicamente rentables, mediante retroexcavadoras

Fotografía 3 Resultado de la operación de barequeo

Fotografía 4 49 castellanos y dos tomines (226,5 g) de platino con algún contenido de oro e impurezas, en compra – venta de Quibdo

Fotografía 5 Barequeros trabajando en un frente de explotación abierto por mediana minería

Fotografía 6 Excavación minera de mediana escala con varias retro-excavadoras operando

Fotografía 7 Piscina de decantación de una explotación minera mecanizada

Fotografía 8 Sistema de barequeo empleado en el Chocó

Fotografía 9 Retroexcavadora acumulando material previamente clasificado para reclasificarlo posteriormente

Fotografía 10 Barequeros trabajando en el costado opuesto al frente de explotación actual

Fotografía 11 Retroexcavadora acumulando material para ser lavado con agua a presión en una clasificadora

Fotografía 12 Extracción artesanal de oro (barequeo)

Fotografía 13 Extracción artesanal de oro

Fotografía 14 Explotación artesanal de minerales platiníferos.

Fotografía 15 Explotación a cielo abierto de la minería a mediana escala

Fotografía 16 Barequeros del Bajo Cauca Antioqueño explotando oro en la ribera del Río Cauca

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1 Variación del precio del platino, paladio y rodio 1998-2004	37
Gráfica 2 Variación de la producción de paladio entre la década del 80 y la última década.	39
Gráfica 3 Demanda promedio anual de platino por usos.	42
Gráfica 4 Variación de la producción de paladio en toneladas entre la década del ochenta y la última década.	43
Gráfica 5 Demanda promedio anual del paladio por usos.	46
Gráfica 6 Variación de la producción de rodio en toneladas entre la década del ochenta y la última década.	47
Gráfica 7 Demanda promedio anual del rodio por usos.	50
Gráfica 8 Producción nacional de platino.	52
Gráfica 9 Destino de las exportaciones de platino 1994-2004*	62

Gráfica 10 Origen de las importaciones de platino 1994-2004*	66
Gráfica 11 Comportamiento histórico. Índice de precios de los MGP. Base 1985=100	80
Gráfica 12 Índice de volatilidad del precio de los MGP 1934-1998	84
Gráfica 13 Evolución histórica de los precios de los MGP, consumo y producción mundial de los MGP	91
Gráfica 14 Estimación del ciclo para el precio de los MGP, el consumo y la producción mundial	92
Gráfica 15 Prueba de estabilidad de parámetros	100
Gráfica 16 Evolución del índice de precios interno y externo del platino	107
Gráfica 17 Índice de precios internos del platino con varias transformaciones Enero 1998 – diciembre 2004	108
Gráfica 18 Prueba acumulada del períodograma: normalidad sobre residuales del modelo	114
Gráfica 19 Comportamiento del precio del platino en el horizonte de pronósticos	117
Gráfica 20 Inflación anual y mensual precio interno del platino	117
Gráfica 21 Funciones de impulso respuesta del modelo VAREST estimado	135

Gráfica 22 Producción diaria anualizada de platino por municipio en gramos y porcentual para la región Pacífico Sur	159
Gráfica 23 Producción diaria anualizada por agente productor en gramos y porcentual para la región Pacífico Sur	160
Gráfica 24 Distribución por tipos de agente productor de platino en la región Pacífico Sur cuantitativo y porcentual	161
Gráfica 25 Producción nacional de platino diaria anualizada por regiones geográficas en gramos y porcentual	162
Gráfica 26 Producción diaria anualizada de platino por municipio en gramos y porcentual para la región Pacífico Norte	163
Gráfica 27 Producción diaria anualizada por agente productor en gramos y porcentual para la región Pacífico Norte	164
Gráfica 28 Distribución por tipos de agente productor de platino en la región Pacífico Norte cuantitativo y porcentual	165
Gráfica 29 Producción diaria anualizada de platino por municipio en gramos y porcentual para la región occidente de Antioquia y Córdoba	166
Gráfica 30 Producción diaria anualizada por agente productor en gramos y porcentual para la región occidente de Antioquia y Córdoba	167
Gráfica 31 Distribución por tipos de agente productor de platino en la región Occidente de Antioquia y Córdoba cuantitativo y porcentual	168

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Oferta anual promedio de platino por región en toneladas	40
Tabla 2 Demanda anual promedio de platino por región en toneladas	41
Tabla 3 Oferta anual promedio de paladio por región en toneladas	44
Tabla 4 Demanda anual promedio de paladio por región en toneladas	45
Tabla 5 Oferta anual promedio de rodio por región en toneladas	48
Tabla 6 Demanda anual promedio de rodio por región en toneladas	49
Tabla 7 Producción nacional en gramos por departamentos 1999-2004*	57
Tabla 8 Exportaciones de Platino 1994-2004* en toneladas	60
Tabla 9 Exportaciones de Platino 1994-2004* en miles de dólares FBO	63
Tabla 10 Importaciones de Platino 1994-2004* en toneladas	64
Tabla 11 Importaciones de Platino 1994-2004* en miles de dólares CIF	65

Tabla 12 Importaciones de Paladio 1996-2001 en miles de dólares CIF	67
Tabla 13 Importaciones de Rodio 1996-2001 en miles de dólares CIF	68
Tabla 14 Inflación promedio décadas del precio del MGP – 1930 – 1998	81
Tabla 15 Estadísticas descriptivas, índice de precios de los MGP – 1930-1998	83
Tabla 16 Eventos significativos que afectaron el precio de los metales del grupo del platino (MGP) desde 1958	86
Tabla 17 Matriz de correlaciones entre precios de los MGP y otras variables. Diferencias de logaritmos de las variables, 1999 – 2000	89
Tabla 18 Resultado prueba ADF	95
Tabla 19 Estimación para el precio del platino variables en niveles	96
Tabla 20 Test de Engle y Granger	97
Tabla 21 Modelo de corrección del error para el precio del platino	99
Tabla 22 Prueba de raíces unitarias índice de precios de platino	110
Tabla 23 Resultados de la estimación del modelo ARIMA - 1998.2 2004.12. Método de estimación por máxima verosimilitud	112
Tabla 24 Prueba de normalidad sobre los residuos estimados	113

Tabla 25 Pronóstico del precio del platino modelo ARIMA con información hasta diciembre de 2004. Base enero de 2001=100 y porcentajes	116
Tabla 26 Pruebas de raíz unitaria	129
Tabla 27 Pruebas de cointegración. Variables LP y LP*	131
Tabla 28 Estimación del modelo VAREST para las variables precio interno y Externo del platino	133
Tabla 29 Descomposición de la varianza del modelo VAREST	137
Tabla 30 Equivalencia de pesos en gramos	154
Tabla 31 Consolidado de la producción nacional diaria anualizada de platino	158
Tabla 32 Matriz D.O.F.A. generalizada	194
Tabla 33 Matriz D.O.F.A. para el Pacífico Norte (Chocó y Valle del Cauca)	196
Tabla 34 Matriz D.O.F.A. para el Pacífico Sur (Nariño y Cauca)	199
Tabla 35 Matriz D.O.F.A. para la Región Occidental (Antioquia y Córdoba)	202
Tabla 36 Matriz de recomendaciones	212

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y DEL MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO



**INFORME FINAL
CONTRATO 1517 - 30 – 2004**

Abril 2005

INTRODUCCIÓN

Los metales del grupo del platino (MGP) son escasos y costosos, y presentan ciertas propiedades físicas y químicas que los hacen insustituibles y esenciales en muchas aplicaciones. Se estima que el 20% de los productos que se fabrican en el mundo contienen platino, al que se le conoce como el metal del medio ambiente, por su utilización en los catalizadores de los vehículos, para disminuir las emisiones de gases como hidrocarburos, monóxido de carbono u óxido de nitrógeno.

Uno de los mayores obstáculos para un uso más extenso de los MGP ha sido su limitada oferta, mientras que la demanda crece continuamente.

En cuanto a la producción mundial de platino, más del 90% de ésta se concentra únicamente en Suráfrica y Rusia, y en el mundo solamente hay diez empresas mineras de platino importantes.

Es muy poco lo que en las entidades del Estado Colombiano relacionadas con la minería se conoce sobre la estructura productiva del platino, y sobre las características de su mercado nacional e internacional. No obstante estudios recientes realizados por la UPME muestran que son siete los productos que presentan mayor competitividad relativa y vocación exportadora, dentro de los cuales se encuentra el platino. En tal sentido, la intención del presente estudio, es llenar este vacío de conocimiento y contribuir así a dinamizar esta importante rama minera.

OBJETO DE LA CONTRATACIÓN

Siendo una de las funciones de la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME- realizar investigaciones sobre los mercados nacional e internacional de minerales, y recomendar políticas para el desarrollo del sector minero en Colombia, se contrató el estudio denominado "ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO".

Como objetivos específicos del estudio se fijaron los siguientes: recopilar datos y analizar la producción histórica, nacional e internacional, de los MGP, procurando mejorar la información existente sobre la producción nacional. Determinar la estructura de producción, comercialización y beneficio del platino en las zonas productoras del país y analizar tanto sus fortalezas y oportunidades como sus debilidades y amenazas. Recopilar información y analizar el comportamiento histórico de los mercados nacional e internacional de los MGP, desagregando la oferta nacional por regiones. Identificar y cuantificar la oferta y demanda internas de productos con valor agregado derivados de los MGP. Identificar los factores que determinan el comportamiento de los mercados nacional e internacional del platino. Establecer las variables que probablemente han incidido en la formación de los precios internacionales de los MGP y diseñar un modelo que permita estimar el comportamiento de los precios en el corto y mediano plazo. Realizar un modelo de análisis semestral del mercado de los MGP, diseñando unos indicadores que permitan realizar comparaciones periódicas. Analizar la situación de esta rama minera en las negociaciones de tratados de libre comercio.

El alcance que le dio la UPME a este estudio fue obtener información integral sobre el desempeño de la minería de los MGP en el país, los probables escenarios futuros, su beneficio, refinación y comercio, así como su desarrollo.

METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos y alcance se programaron cinco etapas.

Etapa 1: discusión de expectativas. En esta etapa se hizo la precisión del alcance y de los objetivos específicos de la investigación, por lo cual se adelantaron las siguientes actividades: familiarización con la información de los MGP y reunión con la UPME para recibir los instructivos para la iniciación de los trabajos.

Etapa 2: consulta de información. Esta etapa tuvo como objeto el diseño final de la estrategia a seguir en la investigación.

Para el desarrollo de la misma, se realizaron las siguientes acciones: revisión de la estrategia de acuerdo con los resultados de la Etapa 1. Identificación de las fuentes de información a utilizar y contacto vía internet solicitando la información requerida. Procesamiento de la información recolectada. Desplazamiento a las fuentes oficiales, gremiales y sectoriales para la consecución de información faltante.

Etapa 3: conocimiento de la estructura productiva y de mercado. Esta etapa tuvo como objeto investigar acerca de la cadena productiva y de mercado del platino y los MGP, y comprendió el levantamiento de información primaria en cada una de las zonas de producción y lugares de comercialización.

Para el desarrollo de esta etapa, se realizaron las siguientes actividades: diseño de las guías de entrevistas y de las encuestas a adelantar de acuerdo con la metodología definida para cada actor de la cadena producción-exportación. Hacer inventario de las actividades mineras con y sin registro minero, y de los barequeros

inscritos en aquellos municipios que tienen historia de producción de platino; de acuerdo con información del Ingeominas, entre estos municipios están: Cáceres, Caucasia, El Bagre, Frontino, Mutatá, Segovia y Tarazá en Antioquia; Tiquisio en Bolívar; Guapí y Timbiquí en Cauca; Atrato, Carmen de Atrato, Cértegui, Condoto, Istmina, Litoral del Zar, Lloró, Medio San Juan, Quibdó, Río Sucio, Río Iró, Río Quiró, Tadó y Unión Panamericana en Chocó; Barbacoas en Nariño y Buenaventura en el Valle del Cauca. Para llevar a cabo dicho inventario se contó con el apoyo de tres geólogos, quienes se desplazaron a cada uno de los sitios en los que se confirmó la existencia de información primaria relacionada, se realizaron entrevistas y encuestas a los mineros y barequeros seleccionados de todos aquellos municipios incluidos en el inventario anterior, de conformidad con la agenda definida, con la finalidad principal de averiguar la forma de producción, el volumen de producción, a quién, cómo y a qué precios venden el metal. Para obtener información sobre el comercio nacional e internacional se visitaron las casas fundidoras y refinadoras que operan en el país (Medellín (2) y Palmira (1)), a las firmas exportadoras que operan en Colombia (de acuerdo con el registro disponible son 20, distribuidas en Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga y Palmira), a las bases de datos de Proexport, a las bolsas de Londres y Nueva York, y a firmas internacionales dedicadas al comercio de platino, entre otras; de acuerdo con las fuentes de información se elaboró una base de datos, con el fin de que las fuentes y la información brindada por éstas puedan ser actualizadas fácilmente.

Etapa 4: identificación de requerimientos de información adicional y proyección de precios. Para el desarrollo de esta etapa, se consideraron las siguientes actividades: identificación de la información adicional que se requiera conseguir y definición de la agenda para su levantamiento. Determinación de las variables que intervienen en la formación del precio del platino. Levantamiento y procesamiento de la información adicional. Elaboración de modelos de series univariados para

obtener proyección de precios. Diseño de aplicación para convertir series diarias en series mensuales con el fin de alimentar el modelo de proyección de precios.

Etapa 5: procesamiento final y ajuste de informes previos. Esta etapa tuvo como objeto realizar el procesamiento final de la información recogida, así como la elaboración de ajustes a los informes finales parciales de la investigación sobre la estructura productiva y el mercado de los MGP.

Se espera que con los resultados de este estudio se inicie una nueva tendencia de posicionamiento de los MGP en el mercado nacional e internacional mediante la puesta en marcha de políticas que mejoren la estructura productiva en Colombia, partiendo de la prestación de ayuda técnica y económica a los mineros, y estimulando en forma integral el desarrollo de la cadena productiva asociada a estos metales, políticas que deben enmarcarse dentro de la tendencia generalizada actual de celebración de tratados de libre comercio.

1 ASPECTOS GENERALES DEL GRUPO DEL PLATINO

Los metales del grupo del platino (MGP) son platino (Pt), paladio (Pd), rodio (Rh), rutenio (Ru), iridio (Ir) y osmio (Os). El platino y el paladio son los más importantes del grupo.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO (MGP)

Los seis MGP son químicamente muy similares; el platino, el iridio y el osmio son los más densos, el platino es once por ciento más denso que el oro y cerca de dos veces más pesado que el mismo volumen de plata; el paladio, el rodio y el rutenio son más ligeros; el paladio tiene una densidad similar a la de la plata; el iridio es mucho menos resistente a la oxidación que el platino y el rodio, pero más que el rutenio y el osmio. Estos dos últimos son metales muy frágiles, por lo que su manipulación es casi imposible, sin embargo, se utilizan para mezclas con los otros MGP.

1.1.1 El platino (Pt).

Es considerado como uno de los metales más preciosos en la naturaleza; se encuentra junto a otros metales como el oro, el níquel o el cobre. Aunque el platino se considera un metal "nuevo" en su forma actual, tiene una larga historia, pues los antiguos egipcios y las civilizaciones americanas precolombinas ya lo valoraban como un elemento de gran importancia. El descubrimiento "moderno" del platino se atribuye a los españoles, quienes lo denominaban oro blanco; en el

siglo I Plinio el Viejo debió referirse al platino cuando dijo que en las minas de oro de España (Galicia, Asturias y Lusitania) se obtenía un metal, el plomo blanco, más pesado y dúctil que el oro. En 1735, Antonio de Ulloa recogió una muestra de platina de Pinto, indicando así el nombre del lugar de Colombia donde lo encontró, siendo la platina el diminutivo de plata, del que procede el nombre de platino.

Paradójicamente, los españoles descubrieron el raro metal blanco cuando exploraban aluviones en busca de oro donde hoy está el departamento del Chocó en Colombia, y consideraron al platino como una cola perjudicial en la búsqueda y beneficio del oro.

Tras la introducción del platino en Europa en el siglo XVIII, pasó a ser un metal de gran interés para los científicos debido a sus particulares propiedades. En 1751, **Scheffer**, químico sueco, reconoció al platino como el séptimo elemento existente.

El físico francés **P.F. Chabaneau** fue el que primero obtuvo platino maleable en 1789 con el objetivo de fabricar un cáliz que se regaló a Pío VI. Parece que fue el químico británico **W. H. Wollaston** la primera persona que obtuvo una muestra de platino puro a principios de 1800, y sus técnicas en la separación de los MGP son consideradas como la base de la metalurgia moderna del platino.

La producción de platino requiere el uso de técnicas muy complejas que no estuvieron disponibles hasta finales del siglo XIX, entre otras cosas por sus altos puntos de fusión, que hacían muy difícil el trabajarlo. El platino pasó a usarse más ampliamente en nuevas aplicaciones industriales cuando se desarrollaron nuevas técnicas de refinado. Por otro lado, su uso en joyería fina aumentó rápidamente a principios del siglo XX, tiempo en que el platino ya era altamente apreciado por su belleza y durabilidad.

Durante la segunda guerra mundial la disponibilidad del platino estuvo limitada, al ser declarado material estratégico, y entonces su uso fue prohibido en la mayor parte de aplicaciones fuera del ámbito militar, tales como joyería, odontología y atesoramiento. Tras la guerra, el consumo de platino aumentó debido a sus propiedades como catalizador y al crecimiento de la demanda por el desarrollo de técnicas de conversión molecular en el refinado de petróleo. En los años setenta la demanda se aceleró por la introducción de normas de emisión de gases para automóviles en los países desarrollados.

Uno de los mayores obstáculos para un uso más extenso del platino a lo largo de su historia ha sido su limitada oferta y por tanto su alto precio. Este metal representa el 5×10^{-7} % en peso de la corteza terrestre. Actualmente, los depósitos de platino están concentrados en unas pocas áreas del mundo, principalmente en Suráfrica, la Federación Rusa y Norteamérica. Sin embargo, en las últimas décadas se han abierto nuevas minas y se han desarrollado técnicas sofisticadas de minería de platino. Este se ha convertido en un metal de gran importancia en el mundo y sus perspectivas en el futuro son muy positivas.

1.1.2 El paladio (Pd).

Es considerado uno de los metales preciosos más escasos y por esta razón es costoso; es el menos denso y el que tiene el menor punto de fusión de los MGP. Posee un color blanquecino, es suave, dúctil y no se deslustra al contacto con el aire. Es un metal que soporta la corrosión de altas temperaturas y la oxidación, pero es atacado por los ácidos sulfúrico y nítrico. El paladio sobresale por el número de metales con que forma aleaciones y generalmente produce soluciones sólidas dúctiles.

Por sus particularidades físicas y químicas la demanda es principalmente en la industria y, al igual que el platino, se utiliza en muchas de las denominadas aplicaciones verdes, por su utilidad para reacciones de hidrogenación y deshidrogenación (UNCTAD, 2003), en especial en los catalizadores para automóviles. El uso más frecuente del paladio puro es en los contactos eléctricos para bajo voltaje, también se emplea en la elaboración de la denominada **amazing soaking sponge**¹, debido a que a temperatura ambiente puede absorber hasta 900 veces su volumen en hidrógeno y al calentarse lo puede perder, razón por la cual proporciona el medio para la purificación de gases.

1.1.3 El iridio (Ir).

En estado libre es un metal blanco y duro, tiene menor resistencia a la oxidación que el platino o el rodio, pero mayor que el rutenio o el osmio; aproximadamente a 600°C (1110°F) se forma una fina película adherente, de óxido de iridio IrO_2 . No lo ataca ningún ácido, incluyendo el agua regia. Los compuestos principales son el tricloruro de iridio, IrCl_3 , un compuesto de color verde e insoluble en agua; el cloruro de iridio y sodio, $\text{Na}_2\text{IrCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, sólido cristalino de color negro soluble en agua; el cloruro de iridio (III) y sodio, $\text{Na}_3\text{IrCl}_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, un sólido cristalino de color verde oliva, soluble en agua, y el cloruro de iridio y amonio, $(\text{NH}_4)_2\text{IrCl}_6$, sólido cristalino de color rojinegro, relativamente insoluble.

Las propiedades especiales de iridio permiten emplearlo en aplicaciones especializadas, entre otras, crisoles para el crecimiento a alta temperatura de cristales para láser, termopares de iridio-rodio para muy altas temperaturas y revestimientos aplicados sobre otros materiales. Por lo general se mezcla con platino como base, ya que la aleación platino-iridio 30%, por ejemplo, es casi tan

¹ Esponja de extraordinaria absorción y transformación de gases efecto invernadero.

resistente a la corrosión como el iridio y es mucho más fácil de fabricar. El iridio es altamente inflamable, puede provocar irritación ocular y del tracto digestivo, y aunque no es mortal si es ingerido, se debe evitar su contacto con el agua para consumo humano (www.lenntech.com/español/tabla-periodica/pt.htm).

1.1.4 El rutenio (Ru).

Es un metal duro, blanco, frágil, manejable sólo a altas temperaturas; es resistente a los ácidos comunes, entre ellos el agua regia. El rutenio es un excelente catalizador y se utiliza en reacciones que incluyen hidrogenación, isomerización y oxidación; los usos del rutenio metálico puro son mínimos. Sus aleaciones con otros metales preciosos, con grandes porcentajes (30%-70%) de rutenio han sido utilizadas para contactos eléctricos y en aplicaciones donde se requiere resistencia al agua y a la corrosión extrema como en plumas estilográficas y pivotes. Es un endurecedor eficaz para el platino y el paladio.

Sus principales compuestos son: el rutenato de potasio, $\text{KRuO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, es insoluble en agua y se utiliza en la purificación del rutenio; el tricloruro de rutenio, RuCl_3 , es soluble en agua pero se descompone en agua caliente; el tetróxido de rutenio RuO_4 es muy volátil y venenoso (www.lenntech.com/español/tabla-periodica/ru.htm). Los compuestos del rutenio se encuentran raramente, manchan mucho la piel y deben ser considerados altamente tóxicos, por lo que no debe ingerirse. El Ru_{106} es uno de los radionucleidos implicados en las pruebas atmosféricas de armas nucleares, que empezó en 1945, con una prueba estadounidense, y terminó en 1980 con una prueba china. Está entre los radionucleidos de larga vida que constituyen riesgo de cáncer.

1.1.5 El rodio (Rh).

Es un metal blanco, duro, considerablemente menos dúctil que el platino o el paladio, pero mucho más dúctil que el iridio, el rutenio y el osmio. Se usa principalmente como un elemento de aleación para el platino; es un excelente catalizador para la hidrogenación y es activo en la reformación catalítica de hidrocarburos; es galvanizado fácilmente para formar superficies duras, resistentes al desgaste y de brillo permanente, utilizadas tanto en contactos eléctricos estacionarios como corredizos, en espejos y reflectores, y como acabado en joyería (www.lenntech.com/español/tabla-periodica/rh.htm). El rodio es resistente a la mayor parte de los ácidos comunes, incluida el agua regia, aún a temperaturas moderadas; lo atacan el ácido sulfúrico caliente, el ácido bromhídrico caliente, el hipoclorito de sodio y los halógenos libres a 200-600°C (390-1110°F).

El tricloruro de rodio, RhCl_3 , es un compuesto rojo insoluble en agua, el trihidróxido de rodio es soluble en algunos ácidos y puede servir para producir sales de rodio, el sulfato de rodio, $\text{Rh}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$, es rojo o amarillo y soluble en agua. Los compuestos del rodio se encuentran muy raramente, manchan la piel fuertemente y son considerados como altamente tóxicos y carcinógenos. Reacciona con difluoruro de oxígeno provocando peligro de fuego y puede producir explosión en forma de polvo o en forma granular, al contacto con el agua (www.lenntech.com/español/tabla-periodica/rh.htm).

Los compuestos de rodio pueden ser absorbidos por el cuerpo por inhalación de su aerosol (cuando el rodio se dispersa puede alcanzar rápidamente una concentración peligrosa de partículas en el aire); los efectos sobre la salud de la exposición a esta sustancia no han sido investigados; no se dispone de datos suficientes acerca de su efecto en la salud humana, por lo tanto se debe tener la máxima precaución.

1.1.6 El osmio (Os).

Es un metal blanco duro, frágil, que aparece rara vez en la naturaleza; al igual que otros metales como el platino, es activo catalíticamente.

El tetróxido de osmio (OsO_4) se emplea como reactivo orgánico y colorante para observar tejidos al microscopio. Las aleaciones de osmio con rodio, rutenio, iridio o platino se utilizan en plumillas de estilográficas, puntas de compases, agujas fonográficas, contactos eléctricos y pivotes de instrumentos, debido a su extrema dureza y resistencia a la corrosión. La química del osmio es muy complicada por las muchas valencias exhibidas por el elemento y la tendencia de cada una de ellas a formar muchos iones complejos; el osmio puro y las aleaciones en que predomina no se pueden trabajar, por lo que deben emplearse en forma fundida o mediante metalurgia de polvos (www.lenntech.com/español/tabla-periodica/os.htm).

Sus principales compuestos son: el tetróxido de osmio es el compuesto más importante del osmio, es muy venenoso, concentraciones en el aire tan bajas como 10^{-7} g/m³ pueden provocar congestión pulmonar, daños cutáneos, y graves daños oculares; puede ser absorbido por inhalación de su vapor, inhalación de su aerosol e ingestión. Su inhalación produce sensación de quemadura, tos, dolor de cabeza, respiración sibilante, falta de aliento, alteraciones visuales; el contacto produce enrojecimiento de la piel, quemaduras cutáneas, dolor, decoloración cutánea, ampollas; el efecto sobre los ojos es enrojecimiento, dolor, visión borrosa, pérdida de visión, graves y profundas quemaduras; su ingestión produce calambres abdominales, sensación de quemadura, conmoción o colapso. Por lo anterior, debe ser manipulado solamente por químicos debidamente capacitados para el efecto.

El tetracloruro de osmio, OsCl_4 , es un sólido negro insoluble en ácidos no oxidantes, el tetróxido de osmio, OsO_4 , es un sólido cristalino de color amarillo muy pálido con punto de fusión de 40°C (104°F) y punto de ebullición de 130°C (266°F), es soluble en agua y en tetracloruro de carbono, y es un agente oxidante poderoso (www.lenntech.com/español/tabla-periodica/os.htm).

No se ha encontrado información relativa a los efectos del osmio sobre el medio ambiente, sin embargo, se cree que su eco toxicidad es muy baja debido a su fuerza como oxidante, que lo hace fácilmente convertible en su dióxido, un compuesto del metal que es inocuo.

1.1.7 Propiedades físico químicas del los MGP .

Nombre	Platino
Número atómico	78
Valencia	2,4
Estado de oxidación	+2
Electronegatividad	2,2
Radio covalente (Å)	1,28
Radio iónico (Å)	0,52
Radio atómico (Å)	1,38
Configuración electrónica	[Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹
Primer potencial de ionización (eV)	9,03
Masa atómica (g/mol)	195,09
Densidad (g/ml)	21,4
Punto de ebullición (°C)	4530
Punto de fusión (°C)	1769
Descubridor	Julius Scaliger en 1735

Fuente: www.lenntech.com/español/tabla-periodica/pt.htm

Nombre	Paladio
Número atómico	46
Valencia	2,4
Estado de oxidación	+2
Electronegatividad	2,2
Radio covalente (Å)	1,31
Radio iónico (Å)	0,50
Radio atómico (Å)	1,37
Configuración electrónica	[Kr]4d ¹⁰ 5s ⁰
Primer potencial de ionización (eV)	8,38
Masa atómica (g/mol)	106,4
Densidad (g/ml)	12,0
Punto de ebullición (°C)	3980
Punto de fusión (°C)	1552
Descubridor	William Wollaston en 1803

Fuente: www.lenntech.com/español/tabla-periodica/pd.htm

Nombre	Iridio
Número atómico	77
Valencia	2,3,4,6
Estado de oxidación	+4
Electronegatividad	2,2
Radio covalente (Å)	1,37
Radio iónico (Å)	0,66
Radio atómico (Å)	1,36
Configuración electrónica	[Xe]4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²
Primer potencial de ionización (eV)	9,25
Masa atómica (g/mol)	192,2
Densidad (g/ml)	22,5
Punto de ebullición (°C)	5300
Punto de fusión (°C)	2454
Descubridor	Smithson Tennant en 1804

Fuente: www.lenntech.com/español/tabla-periodica/ir.htm

Nombre	Osmio
Número atómico	76
Valencia	2,3,4,6,8
Estado de oxidación	+4
Electronegatividad	2,2
Radio covalente (Å)	1,28
Radio iónico (Å)	0,67
Radio atómico (Å)	1,35
Configuración electrónica	[Xe]4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²
Primer potencial de ionización (eV)	8,77
Masa atómica (g/mol)	190,2
Densidad (g/ml)	22,6
Punto de ebullición (°C)	5500
Punto de fusión (°C)	3000
Descubridor	Smithson Tennant en 1803

Fuente: www.lenntech.com/español/tabla-periodica/os.htm

Nombre	Rodio
Número atómico	45
Valencia	2,3,4,6
Estado de oxidación	+2
Electronegatividad	2,2
Radio covalente (Å)	1,35
Radio iónico (Å)	0,86
Radio atómico (Å)	1,34
Configuración electrónica	[Kr]4d ⁸ 5s ¹
Primer potencial de ionización (eV)	7,76
Masa atómica (g/mol)	102,905
Densidad (g/ml)	12,4
Punto de ebullición (°C)	4500
Punto de fusión (°C)	1966
Descubridor	William Wollaston en 1803

Fuente: www.lenntech.com/español/tabla-periodica/rh.htm

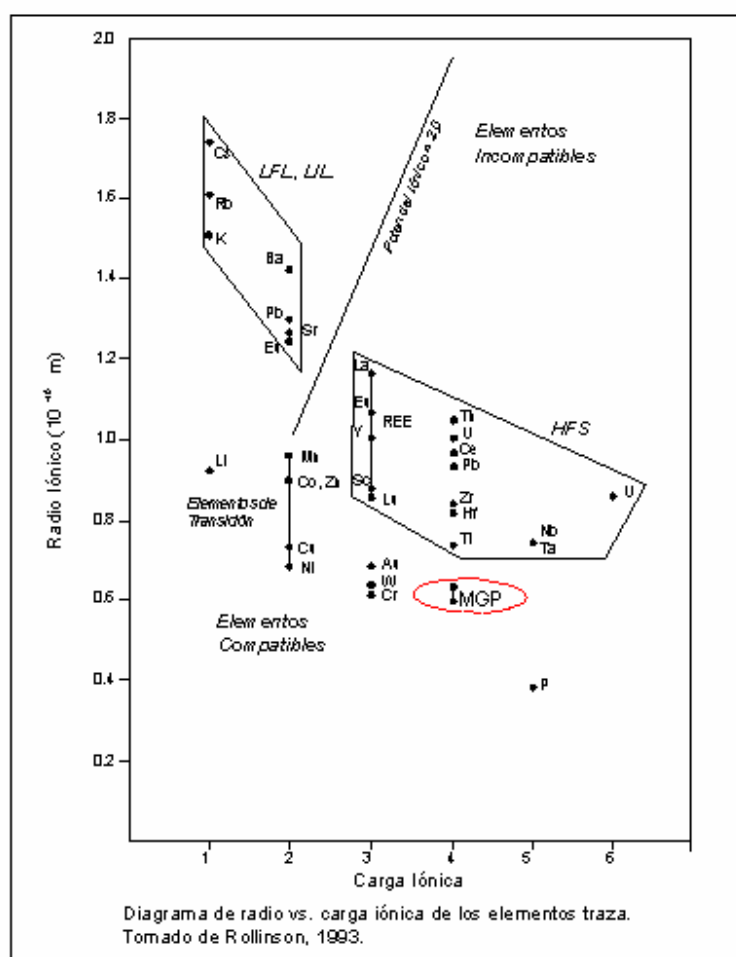
1.2 ORIGEN DE LOS YACIMIENTOS DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO

Los yacimientos de los MGP pueden ser primarios y secundarios, según se acumulen singenéticamente durante las fases de diferenciación magmática básica a ultrabásica, o se acumulen por procesos geomorfológicos post-magmáticos.

1.2.1 Teoría sobre el origen de los depósitos primarios de los MGP.

En el complejo **Bushveld** en Suráfrica, los MGP se encuentran en rocas máficas y ultramáficas, en razón a que varios de los minerales presentes en esta clase de rocas (olivino, piroxenos, óxidos de cromo y sulfuros) pueden albergar a elementos con un radio iónico pequeño (**Rollinson**, 1993), aunque su carga iónica sea alta, tal como ocurre con los MGP (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de tamaño vs. carga iónica.



Fuente: **Rollinson**, 1993.

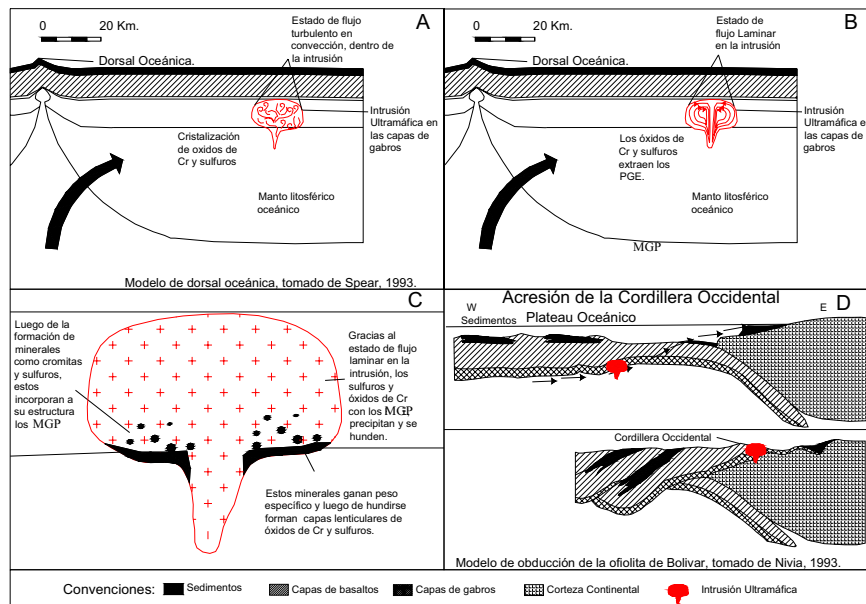
Para explicar por qué el platino y los sulfuros relacionados se concentran en capas de poco espesor, se debe entender la fuerte correlación entre los MGP y el contenido de azufre en estas capas, para soportar la idea de que los sulfuros por ser materiales densos actúan como colectores (por la característica de sus radios iónicos), extrayendo los MGP del magma y llevándolos hacia la parte inferior del mismo en su proceso de cristalización.

Vernaak (1976), sugiere que las rocas máficas y ultramáficas son enriquecidas en MGP por la ascensión, fraccionamiento y desplazamiento magmático de los fluidos, a medida que los cúmulos infrayacentes más densos se compactan.

Naldrett (1989), afirma que la formación de estas capas y estos elementos nativos son el resultado de un inusual evento magmático en el que gotas de sulfuros entran en contacto con grandes volúmenes de magma turbulento en convección (Figura 2 A), permitiendo la extracción de los MGP de dicho magma.

Cuando el enfriamiento lleva al magma a un estado de flujo laminar (Figura 2 B), los sulfuros con los MGP suspendidos se hunden para formar un cúmulo (Figura 2 C) como sucede en el complejo **Bushveld** y especialmente en el **Merensky Reef**. Posteriormente estos cuerpos intrusivos ultramáficos pueden ser acrecionados al continente (Figura 2 D) (**Evans**, 1993).

Figura 2. Modelo de formación de minerales con platino.



Fuente: tomado de **Spear**, Nivia 1996, **Evans**, 1993, y Rodríguez – Vargas, 2004.

1.2.2 Tipos de depósitos primarios de los MGP.

Se conocen los yacimientos asociados a las intrusiones básicas de **Noril'sk – Talnakh** en Rusia, **Sudbury** en Ontario, y los relacionados con intrusiones básicas a ultra básicas, como el complejo **Bushveld** en Suráfrica y **Stillwater** en Montana. En la intrusión del bien conocido Complejo **Bushveld** los depósitos de los minerales del grupo del platino se encuentran asociados a capas y bandas de cromita que se presenta con minerales como **sperrylita** (PtAs_2), **braggilita** ($\text{Pt, Pd, Ni} \text{S}$), **stibiopaladinita** (Pd_3Sb) y **laurita** (RuS_2). El platino también se presenta nativo (**Evans**, 1993), cuando los minerales de este grupo ocurren como menas en la base de la intrusión. En otras minas de Suráfrica el platino está asociado a mineralizaciones de níquel y cobre.

Otro tipo de depósito primario es el que se presenta en las peridotitas, dunitas y serpentinitas. En estas rocas el platino ocurre principalmente asociado con masas lenticulares de cromita o diseminado en la roca junto a la cromita (**Evans**, 1993).

1.2.3 Depósitos secundarios.

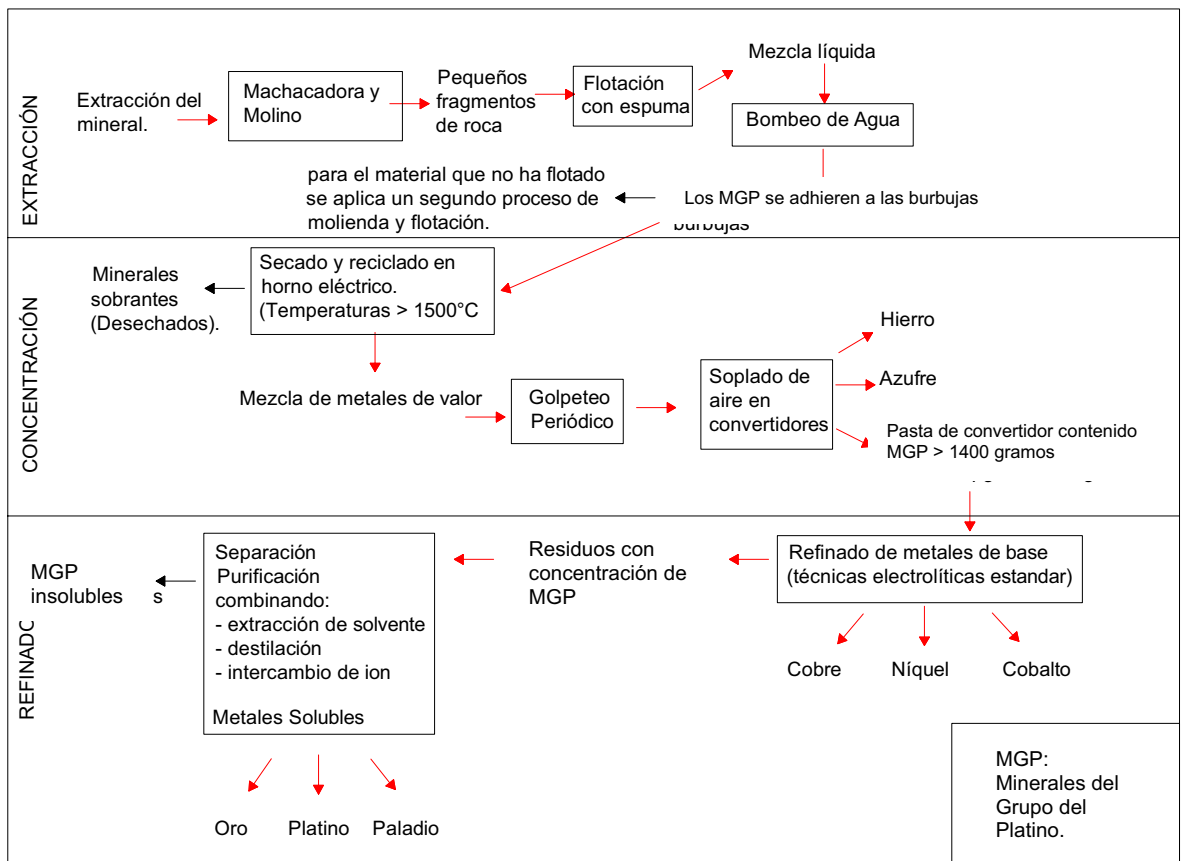
Por sus características físico-químicas, los metales del grupo del platino (MGP) son bastante resistentes a la meteorización, razón por la cual pueden concentrarse en aluviones. Los únicos placeres económicamente explotables están localizados en Colombia, Alaska, Suráfrica, y los Urales (CEI), y representan sólo 3% de la producción mundial (Salinas y Muñoz, 1992). En Colombia, los depósitos aluviales platiníferos se caracterizan por la ausencia de paladio, presencia de oro y menor proporción de otros MGP.

Galvis – Vergara (1996) mencionan también ocurrencia de depósitos con platino asociados a rocas piroclásticas de composición ácida; si se considera que dentro de las rocas piroclásticas existen componentes de rocas ultramáficas, la anterior hipótesis podría explicarse por la presencia de rocas máficas a ultramáficas como xenolitos dentro de la cámara magmática de los volcanes activos en el terciario, en donde sucede la concentración del platino, los cuales son expulsados en forma de piroclastos. Posteriormente, una vez conformados los depósitos de la explosión, estos fueron meteorizados, erosionados y redepositados, con dos consecuencias: concentración de platino y su acidulación del sedimento por aumento relativo en el contenido de cuarzo.

1.3 MINERÍA Y METALURGIA DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO EN LOS YACIMIENTOS PRIMARIOS MÁS IMPORTANTES DEL MUNDO

Los procesos que se realizan para obtener el platino, a saber: extracción, concentración, refinado y separación de los metales, requieren de técnicas de gran complejidad (Figura 3).

Figura 3. Proceso de producción de los elementos del grupo del platino.



Fuente: UNCTAD, 2003.

1.3.1 Extracción.

Esta se realiza por lo general bajo tierra, efectuando agujeros con martillos neumáticos manuales para luego realizar las voladuras. Posteriormente se recoge el mineral y se lo transporta a superficie. Generalmente, el contenido de metales del grupo del platino (MGP) en el material extraído está entre 4 y 7 gramos por tonelada.

Luego el material se tritura hasta obtener fragmentos rocosos muy pequeños a fin de separar los minerales que contienen los MGP. A continuación, en un proceso de flotación con espuma, dichos minerales se mezclan con agua y otros agentes especiales, y a esta mezcla se le bombea aire para obtener burbujas, a las que las partículas que tienen MGP se adhieren y flotan a la superficie. En este proceso el contenido de los metales del grupo del platino (MGP) está entre 100 y 1000 g/t. El material que no flota es sometido a un segundo proceso de trituración y flotación.

1.3.2 Concentración.

Una vez seco el material se funde en un horno eléctrico a temperaturas que superan los 1500°C. Posteriormente, la pasta que contiene los metales de valor se la separa de los minerales no deseados y se somete a un proceso de golpeteo y soplado para separar el azufre y el hierro. En esta etapa del proceso, el contenido de los MGP en la pasta resultante en los convertidores, es superior a 1400 g/t.

1.3.3 Refinado.

En este proceso se separan los MGP de los metales de base como el níquel, el cobre y el cobalto, por medio de electrólisis. Posteriormente, se pasa a la separación y la purificación de los MGP de pequeñas cantidades de oro. Esta es la

parte más difícil y minuciosa del proceso, en la que se combinan técnicas de extracción de solvente, destilación e intercambio de iones. Después se obtienen los metales solubles, que se disuelven en ácido hidrocórico y gas clorino: primero se obtiene el oro y más tarde el paladio y el platino; los metales insolubles son los últimos que se extraen.

1.3.4 Reciclado del platino.

Se puede recuperar el platino de una diversidad de productos de consumo; principalmente de catalizadores para automóviles. En este proceso se funden estos a una muy alta temperatura, la cual permite extraer los MGP (UNCTAD, 2003).

1.4 EL PLATINO EN COLOMBIA

Colombia ha sido históricamente reconocida por ser un país productor de oro y de platino, principalmente de depósitos secundarios, que se han explotado tradicionalmente por métodos artesanales, como el barequeo. En los años 2002 y 2003, Colombia fue el séptimo productor de platino en el mundo, el tercero en el hemisferio occidental y el primero en América Latina; sin embargo, sus volúmenes de producción representan menos del 1% del total mundial. Comparando la producción declarada del año 2003, con respecto a la del 2002, ésta aumentó en 25%, al pasar de 661 kilogramos a 828,184 kilogramos, mientras que el valor de las exportaciones tuvo un notorio crecimiento al pasar de 22.175 millones de pesos en el 2002 a 50.279 millones de pesos en el 2003.

1.4.1 Legislación minero – ambiental.

La minería de los MGP en Colombia, que explota básicamente el platino nativo contenido en aluviones, la hacen mineros que con el Plan Nacional de Desarrollo Minero de 1997 se denominaron grupo homogéneo G1, caracterizado por ser una minería informal, de subsistencia o de supervivencia, propia del minero trashumante, de quienes tienen en ella un ingreso adicional a otras actividades económicas que resultan insuficientes para satisfacer sus necesidades básicas. Los principales problemas de estos mineros, son la baja capacidad técnica y el escaso capital de trabajo.

Ante la imposibilidad de erradicar este tipo de minería, y teniendo en la cuenta que el daño ambiental causado es de fácil reparación y/o mitigación, en la Ley 685/2001 (Código de Minas), artículos 155, 156 y 157, se incluyó el barequeo como actividad minera lícita y fijó los requisitos necesarios para realizarlo, así como las obligaciones que deben asumir los alcaldes y barequeros para ejercer este tipo de minería, eliminando de esta manera engorrosos trámites, acabando así con la persecución a las comunidades dedicadas a esta actividad y obteniendo un control sobre la producción y el mercadeo de los metales preciosos que se obtienen. La legalización y promoción de esta actividad mejora el orden social, ya que constituye una alternativa laboral lícita en las zonas actualmente afectadas por la pobreza y el conflicto armado.

Otra posibilidad contemplada en el Código de Minas, es la de fomentar la creación de organizaciones de economía solidaria en las formas contempladas en la ley, permitiendo a sus asociados desarrollar sus aptitudes administrativas, promoviendo la búsqueda de soluciones a los problemas colectivos, y dando prerrogativas especiales tales como facilidad de créditos y asistencia técnica, tejiendo la organización y la legalidad del gremio de mineros informales y de subsistencia, como en el caso de la Asociación Comunitaria del Alto Río San Juan

(Asocasán) localizada en el municipio de Tadó, departamento de Chocó, cuenca alta del Río San Juan, (Giraldo y Durán, 2003), municipio que en la actualidad es el mayor productor de platino en Colombia.

1.4.2 Manifestaciones de platino en Colombia (preliminar).

Los principales sitios de producción de los MGP en Colombia están en depósitos de origen aluvial, localizados en los departamentos del Chocó, Nariño, Cauca y Antioquia. En el departamento del Chocó: río San Juan y sus afluentes: ríos Condoto, Iró, Opogodó, Sipí, Cérteguí, Novita, Cajón y Tamaná; río Atrato y sus afluentes: ríos Andágueda, Quito, Bebará, Bebaramá, Neguá, Bebará, Murri y Ríosucio.

1.4.2.1 En el departamento de Nariño.

Río Patía y su afluente el Telembí.

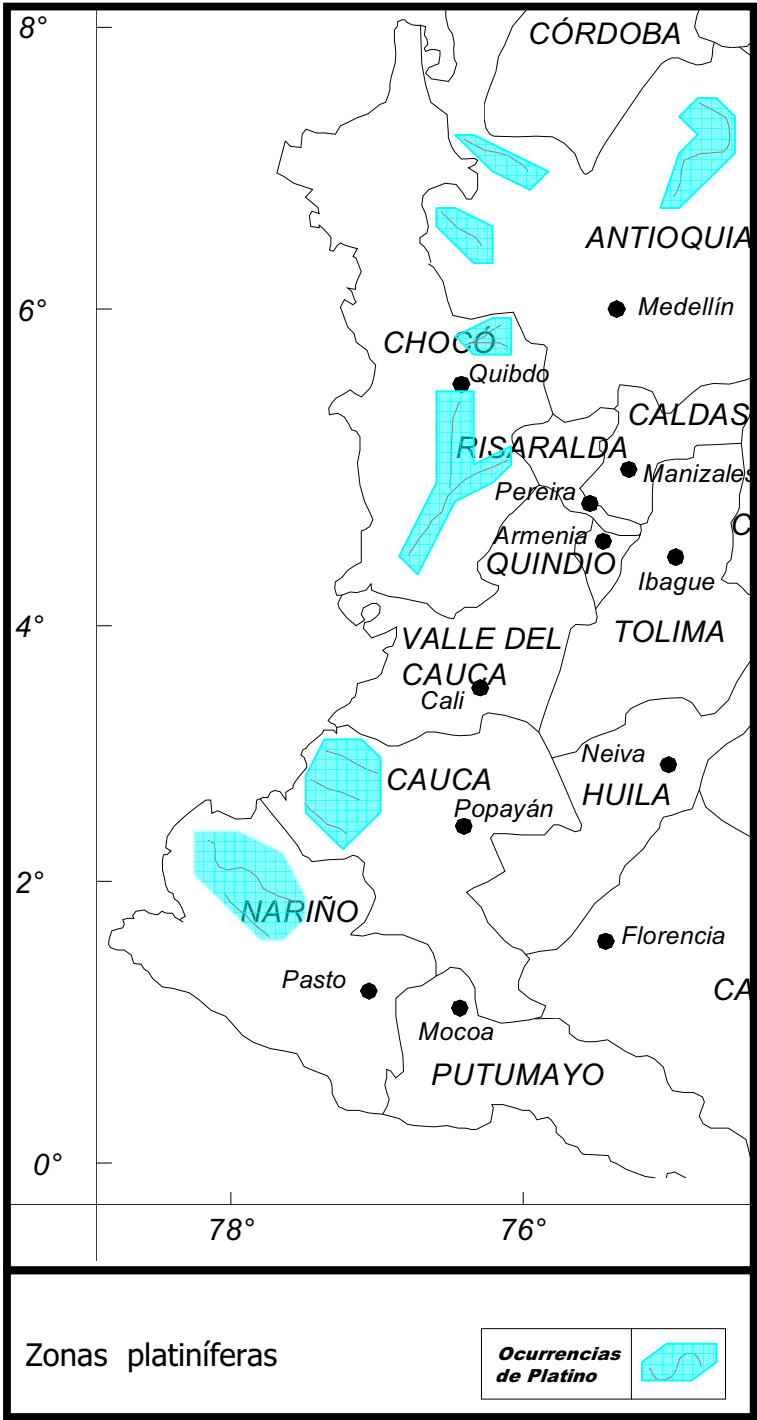
1.4.2.2 En el departamento del Cauca

Ríos Micay, Timbiquí y Guapí.

1.4.2.3 En el departamento de Antioquia.

En Urrao, Dabeiba, Cañasgordas y en los ríos afluentes del Atrato: Nendó, Chaquenodá, Tugaridó, Amparado, Riosucio, Juradó, Arquía, Murri, Cuturú, La Escuela y Cacerí (Salinas y Muñoz, 1992; Garcés, 1995).

Figura 4. Principales zonas de ocurrencia platiníferas.



Fuente: Salinas y Muñoz, 1992

Los MGP son explotados de aluviones cuaternarios, que se formaron probablemente por la erosión de rocas máficas y ultramáficas provenientes de la Cordillera Occidental. Las dunitas y peridotitas pertenecientes al Complejo Ultramáfico Zonado del Alto Condoto y Viravira podrían ser las rocas donde se pueden incorporar estos elementos a la estructuras de cromitas y sulfuros.

También, como se indicó anteriormente, el platino aluvial podría provenir de piroclastos platiníferos. Los depósitos aluviales de la llanura del Pacífico chocoano se componen de conglomerados con guijos de dioritas, gabros, basaltos, cherts, andesitas, pórfidos andesíticos, cuarzo lechoso y piroxenitas; casi no hay componentes de rocas ultramáficas debido a la facilidad con que se desintegran y descomponen. Estos depósitos son auroplatiníferos, contienen aproximadamente 55% de oro y 45 % de platino (Salinas y Muñoz, 1992); análisis químicos en muestras de esta región colombiana arrojaron un 85% de Pt, 0.5% de Pd, 2% de Rh, 1.5% de Ir, 1% de Os, 5% de Fe y 1% de Cu (Garcés, 1995).

Mineralógicamente estos depósitos presentan aleaciones de hierro y platino (isoferroplatino Pt_3Fe), con inclusiones de aleaciones de rutenio, osmio e iridio; sulfuros de rutenio y osmio (laurita, erlichmanita), de iridio- arsénico (irasita), y de platino (choperita). Las rocas del Complejo Ultramáfico Zonado del Alto Condoto tienen diferentes contenidos de MGP: entre 3 y 120 ppb de platino, de 0 –100 ppb de paladio y en rocas serpentinizadas asociadas al Complejo Viravira entre 6 – 21 ppb de platino y de 2 – 10 ppb de paladio (Salinas y Muñoz, 1992).

2 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LOS MERCADOS NACIONAL E INTERNACIONAL DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO

Para comprender la demanda de los metales del grupo del platino (MGP), es necesario primero conocer sus usos y posteriormente ver cómo dichos usos afectan la demanda de estos metales. Por su alto consumo a nivel mundial, los tres metales más importantes de los MGP son el platino, el paladio y el rodio.

2.1 MERCADO MUNDIAL

Los principales depósitos de platino se encuentran ubicados en Suráfrica, cuyas minas producen el 75% del metal que se consume en el mundo, y donde se encuentran **Anglo Platinum, Impala, Lonmin** y **Northam**, que son las cuatro compañías más importantes del mundo en extracción de los MGP. Le siguen la Federación Rusa con el 17% de la producción mundial, Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) con el 5%, y el resto del mundo con el 2%. Colombia aporta el 0,8% de la producción mundial.

2.1.1 Usos.

Los principales usos de los MGP se dan en los catalizadores para automotores, la industria química, el sector eléctrico y electrónico, la joyería, el sector petrolero, la fabricación de vidrio, la inversión y el atesoramiento, la industria biomédica y otros.

2.1.1.1 Catalizadores para automotores .

Los catalizadores utilizados en los automóviles (autocatalizadores) son cilindros con una sección de corte circular o elíptico hechos de cerámica o metal dentro de una malla cubierta con una solución de químicos y MGP. El autocatalizador se ubica dentro de una caja de acero que se encuentra instalada en los vehículos entre el motor y el silenciador.

Con este sistema se controlan los productos contaminantes tales como el monóxido de carbono, el óxido de nitrógeno y los hidrocarburos resultantes de la combustión de los motores; estos son gases venenosos que contribuyen a la lluvia ácida, a aumentar el daño de la capa de ozono y causan los problemas respiratorios comunes en las grandes ciudades del siglo XXI. Los catalizadores instalados en los automotores (tanto de gasolina como diesel) convierten el noventa por ciento (90%) de los hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno en dióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua, antes de ser emitidos a la atmósfera.

En la medida en que el número de vehículos aumenta, también se incrementan las medidas para mantener la calidad del aire; es así como la mayoría de países han impuesto estrictos controles a las emisiones ocasionadas por los vehículos. El endurecimiento de las políticas ambientales de los países ha generado la necesidad de disponer en el mercado de más y mejores catalizadores en todos los vehículos, con lo cual se espera un crecimiento de la demanda de los MGP con énfasis en el platino, toda vez que los vehículos más vendidos actualmente son los de motores diesel, los cuales por sus condiciones especiales necesitan autocatalizadores de platino puro.

2.1.1.2 Industria química.

En términos de demanda el uso más significativo de platino es la fabricación de siliconas especiales. Si se adiciona un compuesto de platino a la mezcla de silicona se obtiene otra con mejores propiedades. Las siliconas que se producen de esta forma son materiales altamente durables, con una excelente resistencia a la corrosión química, al fuego, al agua, y a las temperaturas extremas, además son aislantes eléctricos.

El platino también se utiliza como base para los catalizadores con los que se fabrica industrialmente el ácido nítrico, compuesto básico para fertilizantes y explosivos (nitrato-amonio), como también para hacer nylon y poliuretano.

2.1.1.3 Sector eléctrico y electrónico.

El disco duro de un computador es hecho de aluminio protegido por una capa de aleación de cobalto, la cual posee propiedades magnéticas, que permiten almacenar datos (o bits), en una serie de espacios circulares. La capacidad de almacenaje depende de la fortaleza del campo generado por la etiqueta magnética. Adicionando platino a la aleación de cobalto se aumentan considerablemente las propiedades magnéticas y por tanto la capacidad y rapidez para guardar información. La necesidad de almacenamiento de datos crece rápida y continuamente debido al crecimiento en la demanda de mejores computadores para aplicaciones de audio y video. Se estima que en el 2003 más del noventa por ciento (90%) de todos los discos duros fabricados contenían platino en sus capas magnéticas, en contraste con el cincuenta por ciento (50%) que se conoció en 1997.

Los sensores que miden el nivel de oxígeno necesario para el correcto funcionamiento del motor de los vehículos y los sensores que detectan concentraciones peligrosas de óxido de carbono (CO) en los edificios, entre otros, también utilizan partes de platino.

En el campo de la producción de energía eléctrica, se están imponiendo las celdas de combustible, que tienen fundamento en la generación de una reacción química, sin necesidad de motores de partes móviles; sin embargo, a diferencia de las baterías convencionales, las celdas de combustible no necesitan ser recargadas y pueden funcionar indefinidamente con una carga de combustible.

Hay diferentes tipos de celdas de combustibles, pero las más estudiadas son las que funcionan mediante una membrana de intercambio de protones (**Proton Membrane Exchange -PEM-**), las cuales contienen un catalizador de platino. Las celdas de combustible -PEM- sirven para el suministro de energía de edificios, como generadores en vez de las baterías para dispositivos portátiles y como sustituto de los motores de combustión interna utilizados en los vehículos.

De acuerdo con el desarrollo de las celdas de combustible, la compañía de gas de Tokio, anunció en diciembre de 2004, que a partir de febrero de 2005 se lanzará un sistema de cogeneración de energía basado en una celda de combustible fabricada con un polímero especial llamada **Polymer Electrolyte Fuel Cell (PEFC)**, este sistema de cogeneración que utiliza MGP, podrá proveer aproximadamente un kilovatio (1 Kw) de electricidad, lo cual es suficiente para satisfacer el sesenta por ciento (60%) de las necesidades de energía de un hogar de cuatro (4) personas en Tokio.

El paladio es un componente importante en casi todo tipo de dispositivo electrónico, desde productos de uso masivo hasta complejas máquinas militares, porque se utiliza en la fabricación de circuitos integrados y de condensadores electrónicos. El inmenso número de dispositivos necesarios para surtir el mercado, hizo que la demanda del paladio en el campo electrónico fuera muy grande, dando como resultado el aumento de su precio, evento ocurrido a partir de 1997, lo que permitió que éste fuera sustituido paulatinamente por el níquel como principal metal en los circuitos y condensadores electrónicos.

Otro uso del paladio en dispositivos electrónicos es el enchapado de los conectores de cables electrónicos con una capa de este metal como un buen sustituto al enchapado de oro, toda vez que actualmente el oro tiene un precio superior.

2.1.1.4 Joyería.

Hace aproximadamente dos mil años, las civilizaciones indígenas de Suramérica iniciaron la fabricación de ornamentos de platino, el cual encontraban en las riberas de los ríos. En estudios arqueológicos se han encontrado elementos de platino fabricados por los egipcios en el siglo VII antes de Cristo.

El uso moderno del platino en joyería se inició con su redescubrimiento en el siglo XVIII por parte de los conquistadores españoles en Suramérica y la posterior fabricación de piezas por parte de los joyeros de las cortes europeas. Posteriormente durante los siglos XIX y XX los joyeros de Edward, Cartier y Tiffany generaron un crecimiento desmedido de la demanda hasta 1930, cuando por la gran depresión y la posterior II Guerra Mundial, este metal se convirtió en un material controlado, causando una disminución drástica de su uso en joyería.

El crecimiento de la demanda para joyería tomó auge de nuevo en Japón en los años sesenta, cuando el platino ganó un lugar especial debido a la fineza y elegancia dada por su color blanco, en el cual se ven representados los valores de modestia y sobriedad de la cultura japonesa; desde entonces ese país oriental se convirtió en el principal mercado de joyas con base en platino.

En Europa la demanda del platino para joyería se incrementó en los años setenta y ochenta, cuando los diseñadores de Alemania, Italia, Reino Unido explotaron las cualidades del metal para imprimir un sello distintivo en sus modelos, y en Suiza, donde además de joyas, se fabrican exclusivos relojes con aplicación de platino.

En la década de los noventa y principios del siglo XXI, Estados Unidos aumentó la demanda de joyas con platino, especialmente en anillos de compromiso y en China ha incidido en el aumento de la demanda de joyería en platino, la actitud de las mujeres ciudadinas jóvenes que buscan un estilo moderno con tendencias occidentales.

2.1.1.5 Sector petrolero.

En 1949 una compañía pionera en investigación de compuestos petroleros desarrolló el uso del platino como agente activo para mejorar las calidades de los compuestos de bajo octanaje produciendo compuestos de alta calidad. El platino se utiliza hoy en día en un proceso conocido como reforma e isomerización, en el cual se crean los componentes altos en octanos para la gasolina.

Aunque la demanda de gasolina crece diariamente, desde cuando el uso de platino fue introducido en la industria petrolera, los desarrollos técnicos en los procesos de refinación han elevado la eficiencia del platino como catalizador, disminuyendo el

uso del platino por unidad de gasolina producida, y esto ha mantenido relativamente estable la demanda de platino para la producción de gasolina, generando un balance entre la oferta y la demanda para esta industria.

2.1.1.6 Fabricación de vidrio.

El vidrio se fabrica fundiendo silicatos y otros minerales a temperaturas superiores a los 1.700°C; el platino y sus aleaciones se utilizan en la fabricación de moldes, contenedores y canales para vidrio fundido debido al alto punto de fundición, a la dureza y a la resistencia a la corrosión que tienen los MGP.

Adicionalmente, los MGP se utilizan para la fabricación de las pantallas de cristal líquido de los computadores portátiles, relojes y demás instrumentos electrónicos que poseen este tipo de dispositivo. También se usa como refuerzo de la fibra de vidrio, para la fabricación de las pantallas de rayos catódicas como las utilizadas por los televisores comunes, y para la fabricación de lentes ópticos y oftalmológicos.

2.1.1.7 Inversión como atesoramiento.

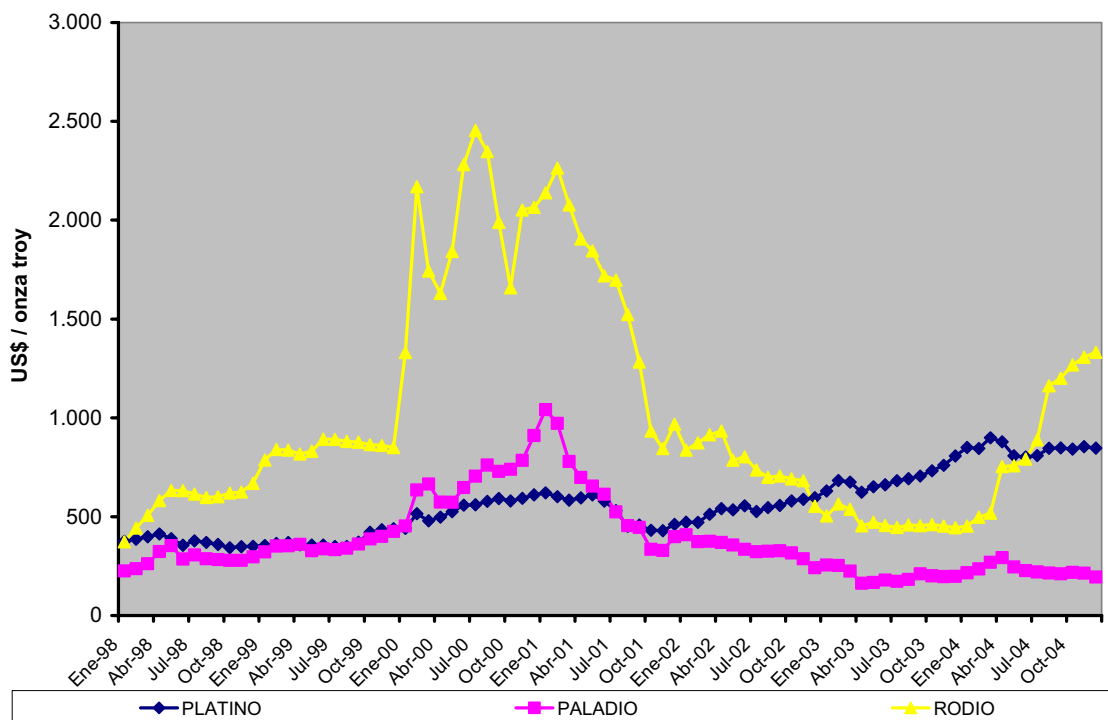
Varios refinadores en Estados Unidos y Europa han producido pequeñas barras de platino de un kilogramo equivalente a 32,15 onzas troy. Algunas monedas de platino han sido puestas en circulación por bancos centrales como el Emisor Real de Canadá, el Emisor de Perth (ciudad de Australia) y el Emisor de Estados Unidos. Muchos de estos productos están en circulación y pueden ser fácilmente obtenidos de vendedores y distribuidores de moneda.

El público en Japón compra kilogramos y pequeños lingotes de platino producidos por los principales refinadores de metales preciosos. Otra forma de inversión en Japón es la del “plan de acumulación”, introducido en 1992, por el cual los inversionistas compran pequeñas cantidades de platino mensualmente que son guardadas en sus cuentas.

La demanda por ahorro en platino físico alcanzó su punto más alto en los años ochenta estimulada por la proliferación de nuevas formas de inversión y por la preocupación acerca de la seguridad de oferta de platino de Suráfrica (el principal productor mundial) debido a las sanciones aplicadas por el apartheid. Para el año 1988 un total de 630.000 onzas troy de platino fueron vendidas en la forma de lingotes y monedas, representando 19,8% de la demanda mundial ese año. Desde entonces este tipo de inversión disminuyó hasta llegar a las ventas actuales de menos del 1% de la demanda mundial de platino. Con posterioridad a la caída del apartheid y la eliminación del bloqueo, la fuerte disminución en la inversión como atesoramiento en platino, se debe principalmente a lo fluctuante del precio de los metales de este grupo -no solo del platino-, pues como se puede observar en la Gráfica 1 sus precios varían entre US\$200 y US\$2.300, y en algunas ocasiones se invierte el valor del platino con el del paladio o con el del rodio, de tal manera que no se sabe a ciencia cierta y en el largo plazo, cuál de los tres metales es el más costoso.

Sin embargo, hay que tener en la cuenta que debido a la actual pérdida de valor del dólar, el ahorro en otros medios aumenta y esto parece ser lo que está sucediendo con el oro y en menor cuantía con el platino, lo cual incide, entre otras razones, en el aumento de su precio.

Gráfica 1. Variación del precio del platino, paladio y rodio 1998-2004.



Fuente: **Kitco inc.**

2.1.1.8 Otros usos

Los MGP cumplen una gran función como materiales para medicina y odontología; los principales metales utilizados en restauración dental son el platino y el paladio, los cuales son comúnmente utilizados en aleaciones de oro, plata, cobre y zinc muy utilizadas en los puentes, injertos y coronas dentales, en las que la aleación forma el centro rodeado de porcelana para construir un diente artificial.

El paladio comenzó a ser utilizado en odontología en la década del 80 por el aumento en el precio del platino. En Japón, el gobierno impuso una medida en la

que todos los tratamientos dentales subsidiados por el gobierno debían contener, al menos, el 20% de paladio en sus aleaciones; esta medida ha convertido a Japón en el principal consumidor de paladio para usos odontológicos seguido por Norteamérica y Europa.

Otro campo médico en el cual se utiliza platino es el oncológico (tratamiento de cáncer), debido a que el platino en ciertas formas químicas tiene la capacidad de inhibir la división de células. A partir de 1962 cuando se descubrió esta propiedad, se han desarrollado medicinas basadas en compuestos de platino para tratar un amplio rango de tipos de cáncer. Cisplatino, el primer medicamento con base en un compuesto de platino, fue introducido como tratamiento en 1977, posteriormente vendrían otros compuestos como el Carboplatino y el Satraplatino, entre otros.

Por ser un metal inerte que no se oxida ni corroe dentro del cuerpo y que en consecuencia no presenta reacciones alérgicas, el platino también es utilizado en componentes biomédicos.

Por su característica de buen conductor de la electricidad, el platino también se utiliza para fabricar marcapasos, accesorio que hoy es empleado por millones de personas con afecciones cardíacas.

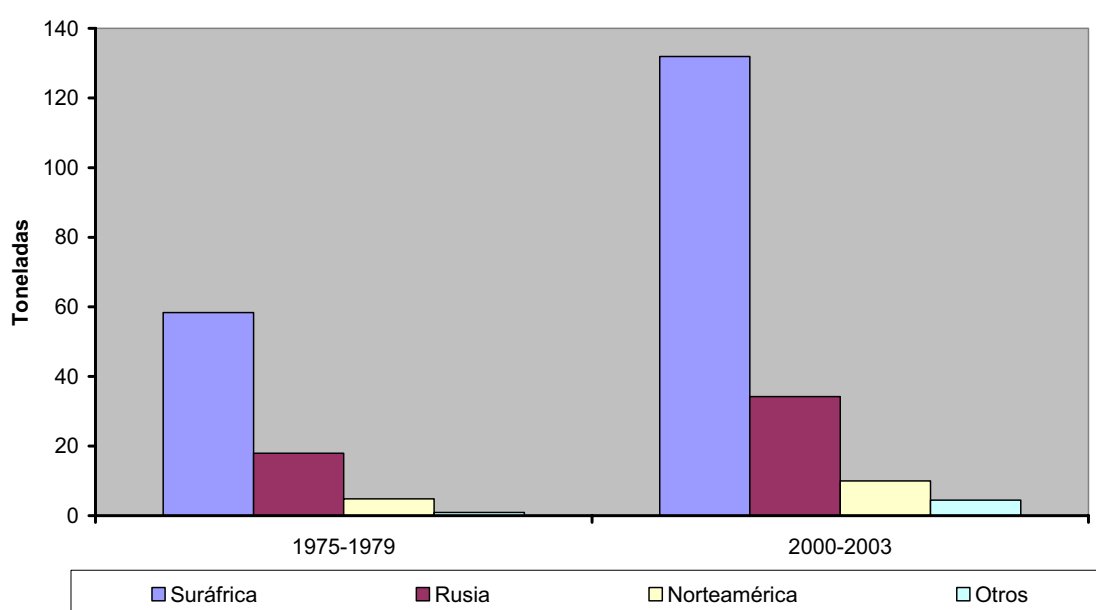
2.1.2 Tamaño del mercado mundial.

2.1.2.1 Platino

El tamaño de la producción creció el 245% entre 1975 y 2003, como se puede apreciar en la Gráfica 2, sin embargo, los principales productores siguen siendo Suráfrica con el 70% de la producción en 1975 y con el 75% en 2003, seguido por

Rusia que bajó del 24% en 1975 al 17% en 2003; Norteamérica (EE.UU. y Canadá) producían el 6% en 1975, decreciendo al 5% en 2003. La variación en la producción mundial se puede observar en la Tabla 1.

Gráfica 2. Variación de la producción de platino en toneladas entre la década del ochenta y la última década.



Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing, 2004**

Tabla 1. Oferta anual promedio de platino por región en toneladas.

REGIÓN	1975- 1979	%	1980- 1989	%	1990- 1999	%	2000- 2003	%
Suráfrica	58,4	71%	71,1	81%	102,15	72%	131,95	73%
Rusia	17,9	22%	11,0	13%	29,54	20%	34,23	19%
Norteamérica	4,9	6%	4,5	5%	7,22	5%	10,00	6%
Otros	0,9	1%	1,2	1%	3,63	3%	4,48	2%
Total	82,1		87,8		142,5		180,7	

Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing**

Por su parte la demanda ha crecido de manera similar; sin embargo, los países demandantes han redistribuido sus porcentajes; entre el año 1975 y 1979 Japón y Norteamérica (Canadá y Estados Unidos) eran los mayores consumidores con el cuarenta y tres por ciento (43%) y treinta y cuatro por ciento (34%) respectivamente. En los últimos años, sus demandas fueron el veintidós por ciento (22%) y el diecinueve por ciento (19%) respectivamente, esto en razón a que el uso de platino en autocatalizadores pesa mucho y los fabricantes de Japón y Estados Unidos han establecido filiales alrededor del mundo. Por otra parte, como resultado de las estrictas medidas ambientales en Europa, sus fábricas de autocatalizadores y catalizadores que siguieron estando en su territorio, aumentaron la participación de la Comunidad Europea, del 15% al 25% en la demanda mundial, en 2003. Lo anterior se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Demanda anual promedio de platino por región en toneladas.

REGIÓN	1975- 1979	%	1980- 1989	%	1990- 1999	%	2000- 2003	%
Europa	12,7	15%	13,5	15%	26,99	19%	47,45	25%
Japón	35,6	43%	39,5	45%	60,99	43%	41,32	22%
Norteamérica	28,2	34%	27,6	32%	30,66	21%	36,8	19%
Resto del mundo	7,1	8%	7,1	8%	24,35	17%	65,87	34%
Total	83,6		87,7		143,0		191,4	

Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing**

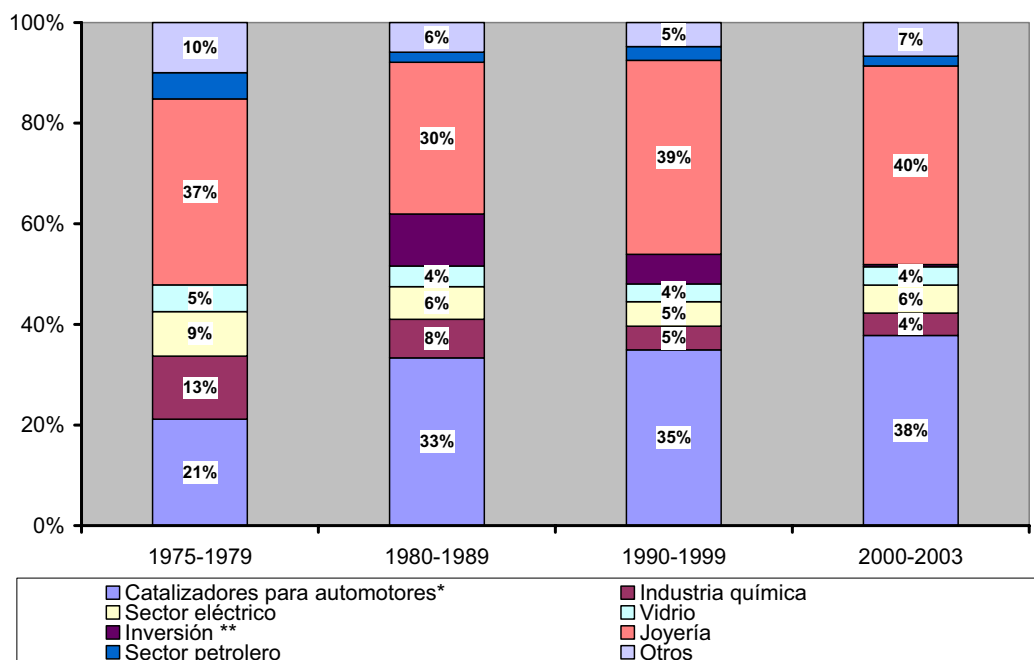
En cuanto a la variación de la utilización del platino, en la Gráfica 3 se puede observar que el sector que más ha crecido es el de los catalizadores para automotores, el cual pasó de ser el veintiún por ciento del consumo (21%), a ser el treinta y ocho por ciento (38%) en los últimos años y se espera que siga creciendo debido a la introducción de normas ambientales cada vez más estrictas.

El consumo en joyería se mantuvo relativamente estable pues sólo creció del treinta y siete (37%) al cuarenta por ciento (40%), aunque también se espera que la demanda para este uso continúe, por la entrada del poderoso mercado chino, que ya comenzó a interesarse en las joyas elaboradas en platino.

Al igual que el sector de la joyería, el sector de fabricación de vidrio se mantuvo estable en su participación en el consumo de platino, puesto que si la fabricación de productos de vidrio ha aumentado, la oferta de platino también, manteniendo estable el consumo, en términos porcentuales para este sector.

Por su parte, el platino para inversión en la forma de atesoramiento, que alcanzó una participación cercana al 5% durante las décadas de los ochenta y noventa, con un máximo de 19,8% durante 1988, pasó a tener ventas por menos del uno por ciento (1%) de la demanda mundial. Esto se puede deber a la variación de su precio, tal como lo explica la Gráfica 1.

Gráfica 3. Demanda promedio anual del platino por usos.



* Incluye platino reciclado

** Incluye pequeños y grandes inversionistas

Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing**

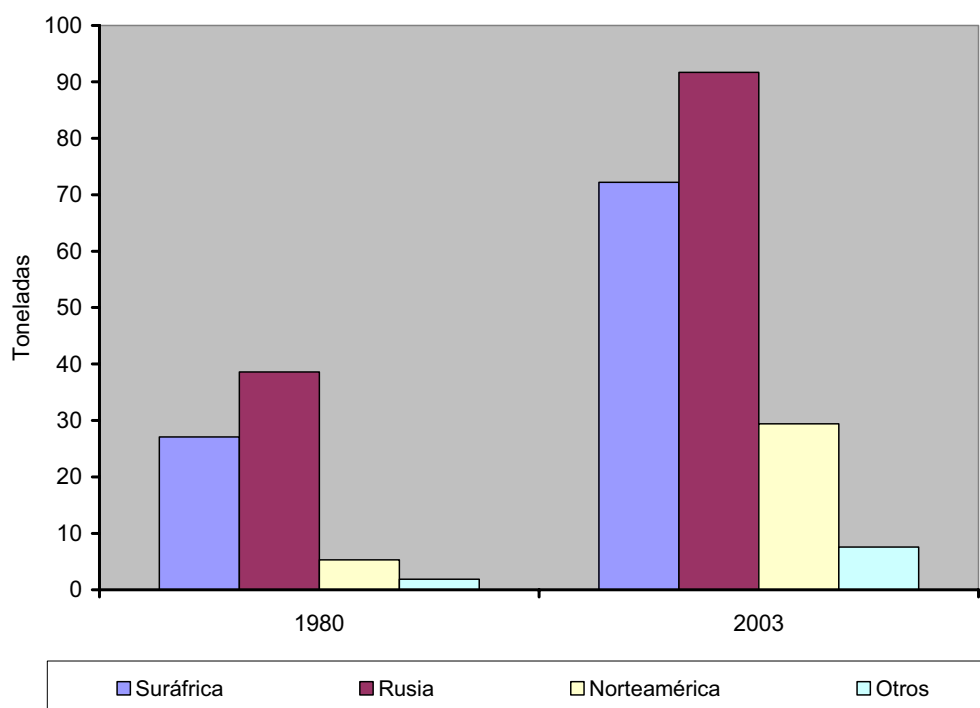
2.1.2.2 Paladio.

El tamaño de la producción de paladio entre 1980 y el presente ha crecido un 276%, al pasar de 72,9 toneladas a 200,9 toneladas producidas durante el 2003, superando así la producción de platino.

En el caso del paladio, el principal productor es Rusia que pasó de producir el 55% de la oferta mundial durante los años ochenta a aportar el 53% de la oferta mundial en los tres últimos años. El segundo productor es Suráfrica quien producía el 34% de la oferta mundial en los años ochenta y hoy en día produce el 32%.

A diferencia de los dos países anteriores, la región de Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) aumentó su participación al pasar del 8% al 12% en el mismo lapso de tiempo, esto se puede observar en la Gráfica 4 y en la Tabla 3.

Gráfica 4. Variación de la producción de paladio en toneladas entre la década del ochenta y la última década.



Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing, 2004.**

Tabla 3. Oferta anual promedio de paladio por región en toneladas.

REGIÓN	1980-1989	%	1990-1999	%	2000-2003	%
Suráfrica	30,4	34%	48,06	26%	65,15	32%
Rusia	48,9	55%	117	64%	109,55	53%
Norteamérica	6,6	8%	15,02	8%	26,45	13%
Otros	2,4	3%	2,79	2%	4,8	2%
Total	88,3		182,9		206,0	

Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing**, 2004.

Para el caso de la demanda por regiones se encuentra que este mineral tiene el mismo comportamiento que el platino, la participación del consumo de Japón y Norteamérica en la demanda mundial desciende del 42% al 24% y del 34% al 33% respectivamente. Por su parte Europa presenta un aumento de la participación del 17% al 28% del consumo mundial.

Con lo anterior se deja en claro lo ligada que se encuentra la demanda del paladio a la del platino ya que los países que demandan platino son los mayores demandantes de paladio, porque estos dos minerales, solos o en aleación con metales del mismo grupo, se pueden utilizar para fabricar los mismos productos.

Tabla 4. Demanda anual promedio de paladio por región en toneladas.

REGIÓN	1980-1989	%	1990-1999	%	2000-2003	%
Europa	14,8	17%	38,1	21%	58,0	28%
Japón	36,3	42%	63,5	35%	48,0	24%
Norteamérica	29,1	34%	64,8	36%	66,2	33%
Resto del mundo	5,5	7%	14,3	8%	29,9	15%
Total	85,7		180,7		202,1	

Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing**

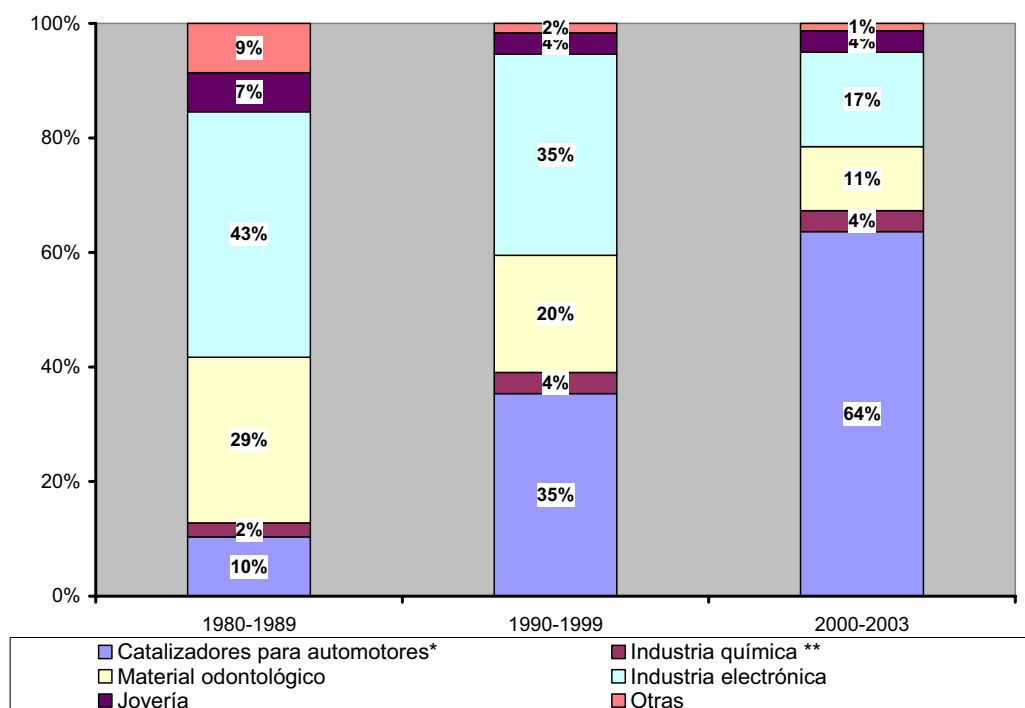
Tal y como lo muestra la Gráfica 5, en cuanto al comportamiento de la demanda por usos se puede decir que casi toda la demanda del paladio se concentra en la fabricación de catalizadores para automotores, toda vez que este producto pasó de significar el 10% de la demanda mundial en los años ochenta a ser hoy en día el 64%, sustituyendo total o parcialmente el uso de platino, en razón de los altos costos de éste.

La industria química también pasó de consumir el 2% al 4% de la producción mundial, porque el paladio, al igual que el platino, es un buen catalizador de las reacciones químicas y puede ser utilizado en la fabricación más eficiente de ácido nítrico.

En cuanto a la demanda en la industria electrónica, ésta disminuyó del 43% al 17% en los mismos 23 años del análisis, por la diferencia de precios del paladio frente al níquel, el cual lo sustituyó desde principios de los años noventa como material para la fabricación de aparatos electrónicos. La misma situación se dio en la participación de la demanda para la fabricación de joyas y de materiales

odontológicos, los cuales cayeron del 7% al 4% y del 29% al 11%, respectivamente.

Gráfica 5. Demanda promedio anual del paladio por usos.



* Incluye paladio reciclado

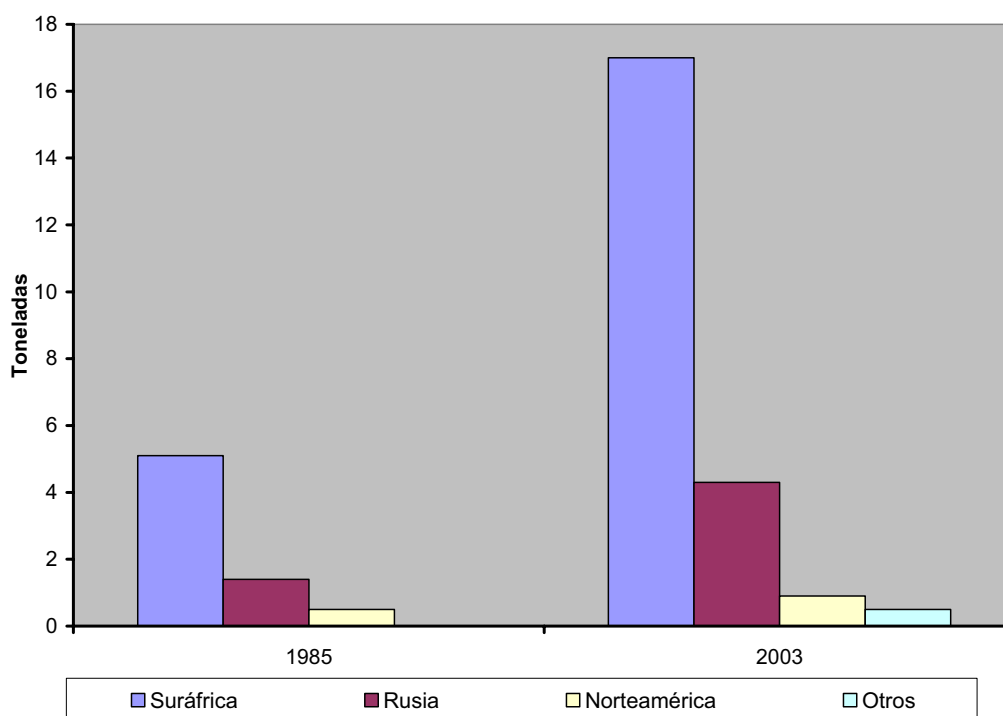
** Antes de 1986, la demanda de la industria química está incluida en otras.

Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing**

2.1.2.3 Rodio.

Salvo algunos períodos cortos, en los últimos seis años el rodio es el metal del grupo que ha presentado el mayor precio, alcanzando US\$1,330 por onza troy en los días finales de diciembre de 2004. La producción de rodio pasó de 7 toneladas en 1985 a 22,7 toneladas en 2003, mostrando el mayor crecimiento porcentual dentro de los MGP (308%), la Gráfica 6 ilustra lo comentado.

Gráfica 6. Variación de la producción de rodio en toneladas entre la década del ochenta y la última década.



Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing, 2004**

El mayor productor mundial de rodio es Suráfrica, país que pasó de aportar el 63% al 73%, de la producción total; los otros dos grandes productores que son Rusia y Norteamérica perdieron participación en la producción mundial al pasar del 31% al 23% y del 6% al 3% de la producción mundial, respectivamente.

El aumento de la producción de Suráfrica obedece a la mayor inversión de las cuatro grandes compañías de extracción de platino, ya que el rodio se encuentra por lo general, asociado al platino y de esta forma cualquier aumento en la producción de éste da un aumento en la producción de rodio, como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Oferta anual promedio de rodio por región en toneladas.

REGIÓN	1985-1989	%	1990-1999	%	2000-2003	%
Suráfrica	5,7	63%	9,9	71%	15,1	73%
Rusia	2,8	31%	3,5	25%	4,8	23%
Norteamérica	0,5	6%	0,5	4%	0,7	3%
Otros	0,0	0%	0,1	0%	0,2	1%
Total	9,0		14,0		20,8	

Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing**

El rodio, al igual que el platino y el paladio, es utilizado en las mismas industrias y presenta un comportamiento similar a éstos, en cuanto a su consumo por regiones. Como se puede ver en la Tabla 6, Europa es el mayor consumidor de rodio con una participación del 30% de la producción mundial, seguido por Norteamérica que pasó de consumir el 41% de la producción durante los años ochenta a consumir el 27% en la actualidad.

Por su parte Japón presenta un descenso en la participación del consumo a nivel mundial, pasando del 29% al 22%, mientras que el resto del mundo presenta un crecimiento, al pasar del 8% al 21%.

Lo anterior se debe a las dinámicas en la producción de estas regiones, señaladas tanto para el platino como para el paladio.

Tabla 6. Demanda anual promedio de rodio por región en toneladas.

REGIÓN	1985-1989	%	1990-1999	%	2000-2003	%
Europa	2,0	22%	4,29	32%	6,12	30%
Japón	2,6	29%	2,38	18%	4,50	22%
Norteamérica	3,7	41%	4,72	36%	5,45	27%
Resto del mundo	0,7	8%	1,88	14%	4,25	21%
Total	9,0		13,3		20,3	

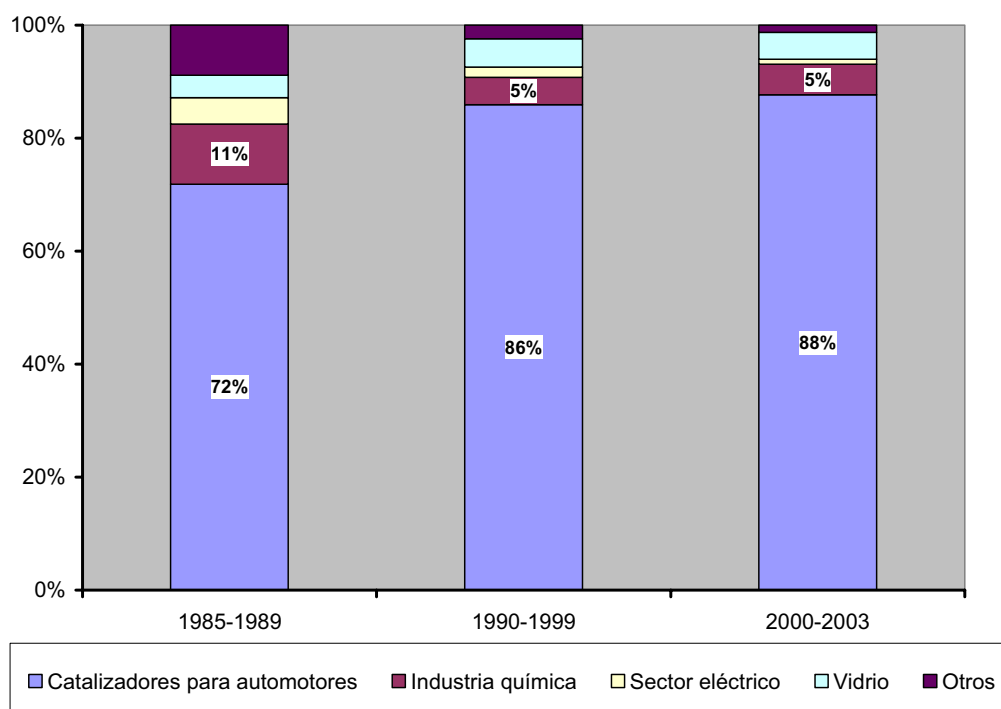
Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing**

La utilización de rodio en la fabricación de catalizadores para automotores es el único concepto en el que la participación del rodio crece, al pasar de 36% a 44%; para el caso de las industrias química y electrónica se presenta una disminución hasta casi desaparecer; situación similar se presenta con el uso de este metal en la fabricación de material odontológico.

La desaparición del rodio en las industrias diferentes de la automotriz y de la de fabricación de materiales médicos, es la respuesta al comportamiento de su precio en el mercado, dado que este mineral es el más costoso y escaso de los tres analizados, por lo cual se sustituye por paladio o platino en la mayoría de los casos.

La demanda de rodio para otros usos diferentes de los enunciados disminuye fuertemente al pasar del 8,9% en el periodo 1985-1989 a un 1,3% durante el periodo 2000. La evolución de la demanda por uso se puede ver en la Gráfica 7.

Gráfica 7. Demanda promedio anual de rodio por usos.



Fuente: **Johnson Matthey Precious Metals Marketing**

2.2 MERCADO NACIONAL

2.2.1 Producción.

En Colombia, los MGP se encuentran generalmente asociados a la explotación de oro y plata, y sólo se tienen datos de producción para el platino en bruto; adicionalmente, se pueden encontrar algunos datos de importación de paladio y rodio en pequeñas cantidades utilizadas en joyería.

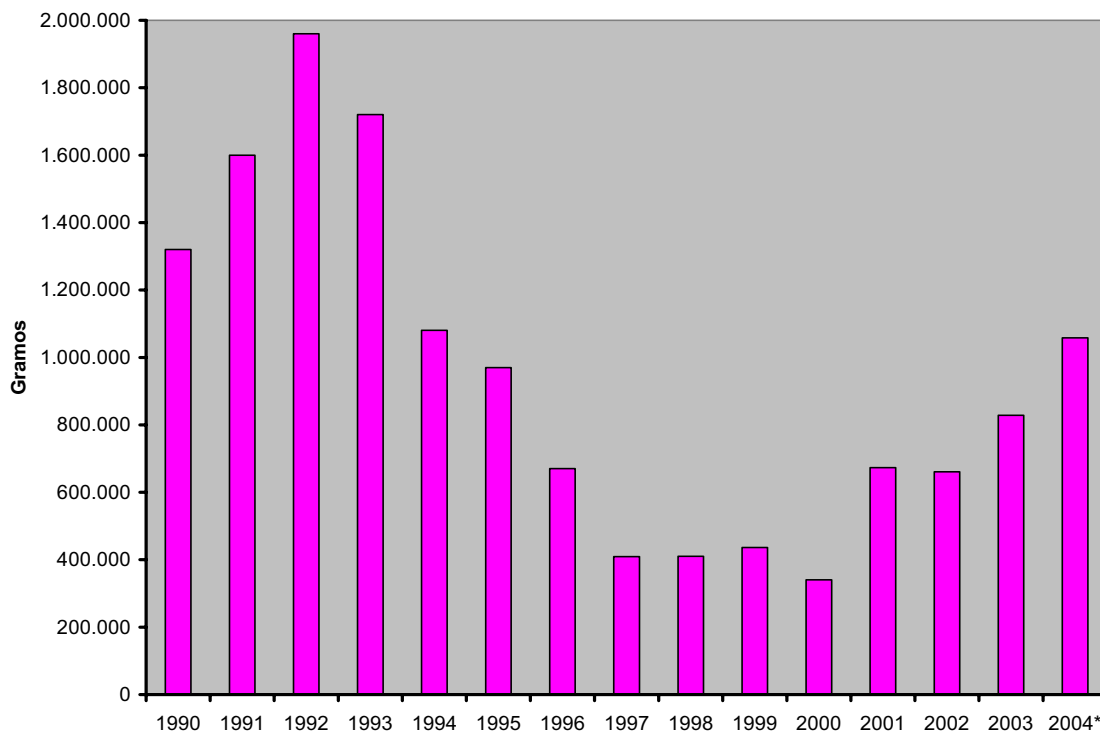
La producción nacional de platino se encuentra estrechamente asociada a la explotación de oro y plata en yacimientos de tipo secundario. Aunque en los últimos años los precios del platino, paladio y rodio han estado por encima de los

precios internacionales del oro, se observa que la producción de platino en Colombia se hace de forma artesanal y en muchas ocasiones éste se vende como impureza del oro obtenido por barequeo en los yacimientos aluviales, y no como producto principal; adicionalmente, no se encuentran datos sobre la producción de paladio ni de rodio, los cuales durante los primeros años de esta década tuvieron precios hasta de US\$1.300 y US\$2.300 por onza troy respectivamente.

Durante el período 1990-1998 la producción de platino en bruto decreció desde casi 2 toneladas extraídas en 1992 a 405.000 gramos en 1998 y comenzó un proceso de aumento desde 1999 hasta llegar a 828.184 gramos en el año 2003.

Para el año 2004 se espera llegar a los niveles de producción de principio de los años noventa, ya que hasta septiembre había una producción registrada de 1.057.959 gramos. La evolución de la producción de platino en Colombia se puede observar en la Gráfica 8.

Gráfica 8. Producción nacional de platino.



* A septiembre de 2004.

Fuente: Minercol Ltda. - Ingeominas

El potencial para la explotación de platino y los metales de su grupo se encuentra en tres zonas distribuidas a lo largo de la Cordillera Occidental: Pacífico Norte (departamentos de Chocó y Valle del Cauca), Pacífico Sur (departamentos de Nariño y Cauca) y Región Occidental (departamentos de Antioquia y Córdoba). A continuación se detallan las condiciones de la producción en cada uno de ellos:

2.2.1.1 Pacífico Norte.

Chocó: la mayor producción de platino en Colombia se obtiene de este departamento, y se presume como el resultado de la intemperización del Cuerpo

Ultramáfico Zonado de Mutatá, cuyos productos han sido depositados en la llanura aluvial del Pacífico Norte.

Quibdo: el Plan de Ordenamiento Territorial de esta capital prohíbe la actividad de la minería, no se registran licencias ambientales ni de explotación, aunque hay conocimiento que el barequeo se lleva a cabo en algunas quebradas y caños de la zona. Cuenta con dos áreas tituladas para la explotación del platino que juntas reúnen más de 350 hectáreas.

Municipio de Condoto: no existen datos de licencias otorgadas a la minería mecanizada pero se calcula la presencia de unos 45 entables, y a pesar que la alcaldía habla de unos 2.000 barequeros se estima que tan solo están registrados entre el 30% o 40% de todos los que existen en el municipio.

Los datos de campo permiten afirmar que una persona o grupo familiar de esta región produce al día 0.575 gramos de los cuales la proporción es de 75% platino contra un 25% de oro, y para el caso de la minería mecanizada se habla de una producción por entable mensual de 5 libras, con la misma proporción de los metales.

Municipio de Tadó: se calcula que el municipio cuenta con 9.000 personas dedicadas al barequeo y 20 entables con minería mecanizada. Existen tres áreas tituladas para la exploración de platino que suman más de 240 hectáreas y se estima una producción similar a la del municipio de Condoto, es decir 0.575 gramos diarios por barequero y 76 gramos por entable de minería mecanizada, sin embargo, en cuanto a la proporción de los metales se calcula un 60% de platino contra un 40% de oro.

Istmina: hay aproximadamente 2.000 barequeros, y se cuenta con registros de 7 propietarios de entables de minería mecanizada. No hay registros de áreas tituladas.

De acuerdo con los cálculos, basados en la información obtenida directamente en el terreno, se tiene que la producción mensual de platino de un barequero es de 6 gramos, y de un entable es de 920.5 gramos, lo que arroja un total de 18.443.5 gramos de platino para el municipio cada mes.

Unión Panamericana: El municipio no cuenta con registros de barequeros pero se estima que unas 500 personas se dedican a la actividad y se cuenta con información de 11 propietarios de entables de minería mecanizada. El municipio no tiene áreas tituladas para la exploración de platino.

En cuanto a la producción se supone una capacidad diaria por barequero de 0.4 gramos y de 920.5 gramos mensuales por entable de minería mecanizada, lo que da un total mensual para el municipio de 16.125,5 gramos de platino.

Lloró: al igual que en otros municipios no hay registros de personas que se dediquen al barequeo y adicionalmente la escasez del platino es conocida en la región. No obstante, se puede hablar de una producción de subsistencia representada por 0.5991 gramos diarios de oro y platino por persona y de 4.6025 gramos en la minería mecanizada, cuyos porcentajes de metales en ambos casos están dados por un 97% de oro y un 3% restante de platino. El municipio no cuenta con áreas tituladas para la exploración de platino, este metal solo aparece como subproducto en las minas de oro.

Atrato: a pesar que no existen barequeros registrados, la exploración de los metales en este municipio se centra en este tipo de actividad realizada principalmente en las quebradas de Chagratará, Jiguda, Ranchería y Sanmurindo. Tan solo se conocen 2 ó 3 entables de minería mecanizada. En el municipio no hay áreas tituladas para la exploración del platino; al igual que en Lloró este metal únicamente aparece como subproducto en las minas tituladas de oro.

Con relación a las cantidades se puede hablar de una producción semanal variable por barequero entre los 1.2 y 1.8 gramos de metales preciosos cuya distribución entre oro y platino depende de la zona en que se lleve a cabo la extracción. En Chagratará y Ranchería la proporción de oro y platino es de 50% para cada metal, y en las dos regiones restantes es de 97% de oro contra un 3% de platino. Hay barequeros que utilizan motobombas y draguetas, su producción semanal es de 18.4 gramos, de los cuales 6.9 son de platino, la minería mecanizada cuenta con una capacidad productiva de 110.4 gramos a la semana.

Valle del Cauca: en el departamento no se registra producción de platino dado que su relación de extracción con respecto al oro es baja y los MGP son desechados o tratados como impurezas del oro.

2.2.1.2 Pacífico Sur .

Nariño: en las localidades de Barbacoas, Maguí, Payán y San José hay gran potencial aurífero de aluvión. No obstante, para la producción de platino únicamente se puede hablar de cuerpos ultramáficos en el municipio de Tambó, al cual no se le han hecho estudios a profundidad para conocer su verdadero potencial.

Municipio de Barbacoas: la producción de platino se lleva a cabo en su mayoría por barequeo, al que se dedica el 20% de la población del municipio y en pequeña escala hay presencia de minería mecanizada alrededor del Río Iguambí. El municipio únicamente cuenta con un área titulada para la explotación del platino que alcanza las 999 hectáreas. La producción de un barequero de esta región se encuentra entre 0.4 y 0.8 gramos diarios de oro (Au) y platino (Pt), de los cuales únicamente un 4% es de platino.

Cauca: no hay reporte de producción de platino, pero en el departamento existen algunos cuerpos ultramáficos que podrían tener un potencial primario interesante.

2.2.1.3 Región occidental.

Antioquia: en este departamento existen cuerpos ultramáficos que componen el Cinturón Ofiolítico del Romeral y el Completo Ofiolítico del Cauca. No hay depósitos secundarios de platino con interés económico y el platino es tratado como impureza del oro.

Tarazá: la producción de platino en este municipio es muy baja debido a que se encuentra en cantidades muy pequeñas, por ejemplo la minería mecanizada hace referencia a una producción anual de 18.41 gramos. Sin embargo, el municipio cuenta con contrato en virtud de aporte del metal en cuestión que suma unas 52.163 hectáreas.

Cáceres: en este municipio sucede exactamente lo mismo que en Tarazá, la producción de platino es muy baja debido a que sus hallazgos son muy pocos, razón por la cual es desechada por los barequeros de la región. También se cuenta con un contrato en virtud de aporte de platino que alcanza las 52.163 hectáreas.

Caucasia: los barequeros y la mediana minería de este municipio se dedican principalmente a la exploración del oro y como la producción de platino es muy baja generalmente lo desechan como impurezas del oro.

En este orden de ideas, se deduce que el departamento que lidera la producción nacional es Chocó con una participación del 93% entre 1999 y 2003, seguido por Antioquia con el 5%; el resto de la producción se encuentra repartida entre los departamentos de Valle del Cauca, Nariño y Cauca entre otros; todos estos porcentajes han tenido una estabilidad relativa durante estos años, como se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Producción nacional en gramos por departamento 1999-2004*

DEPARTAMENTO	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
ANTIOQUIA	1.517	3.127	2.301	3.344	4.376	190.678
BOLIVAR	-	-	-	-	1.720	1.242
CALDAS	233	-	971	-	-	10.615
CAUCA	595	1.344	2.579	2.177	1.731	2.781
CHOCO	431.661	330.661	664.890	651.816	818.907	803.396
CORDOBA	-	-	55	-	-	12.234
GUAINIA	-	39	-	-	-	-
GUAVIARE	-	-	-	-	-	41
NARIÑO	1.213	2.533	849	646	108	17.168
SUCRE	-	-	-	-	-	19.805
TOLIMA	-	-	-	33	-	-
VALLE	1.092	2.364	1.162	2.583	1.342	-
TOTAL	436.311	340.068	672.807	660.600	828.184	1.057.959

*Datos preliminares a septiembre y sujetos a revisión

Fuente: Minercol Ltda. – Ingeominas

El alto incremento del reporte oficial de producción de platino en el departamento de Antioquia para el año 2004, obedece a la manera incontrolada de la producción y el comercio por parte de las autoridades mineras, así las cosas una buena proporción del platino producido en el Chocó es reportado para pago de regalías en otros departamentos y ciudades.

Como consecuencia directa de los bajos niveles de tecnificación en la producción, la industria de extracción y beneficio del platino genera bajos ingresos por concepto de regalías para la nación. Adicionalmente, esta industria se ve influenciada por el contrabando o la no denuncia de su producción, aspecto que trata de corregir el nuevo Código de Minas (Ley 685 de 2001).

La producción de platino obtenida por el sistema de barequeo es utilizada en un gran porcentaje en la elaboración de joyas también elaboradas con oro y esmeraldas, principalmente en el departamento del Chocó. La producción del platino y sus metales es adquirida, a menudo, por los compradores a los barequeros en los pueblos en donde están ubicados los depósitos o directamente en la mina. Estos a su vez, después de separarlo manualmente, lo venden a las casas fundidoras, las cuales negocian con el Banco de la República o con compradores internacionales sin discriminar los metales asociados.

En los últimos años, se han establecido plantas refinadoras de platino en el Valle del Cauca y Antioquia, lo que le ha dado una nueva dinámica y orden al mercado de los MGP en el país.

2.2.2 Demanda.

Los productos fabricados con MGP consumidos en Colombia son básicamente catalizadores para automotores y para filtro de industrias y productos para joyería.

En el caso de los autocatalizadores, su mayor demanda en el país se asocia al desarrollo de la industria automotriz, toda vez que desde el año 1998 la normatividad ambiental exige que todos los vehículos fabricados en el país e importados utilicen catalizadores en su sistema de escape. Las tres ensambladoras nacionales importan dicho aditamento ya que en el país no se encuentra homologado ningún fabricante por sus casas matrices. El platino también es utilizado como convertidor catalítico para emisiones limpias en fábricas, lo cual genera un mercado adicional para los productos de platino.

La industria nacional demanda productos acabados que se importan porque en Colombia no se producen, a pesar de extraerse la materia prima que por carencia de tecnología para el cierre de la cadena productiva, tiene que ser exportada.

El atraso de una industria que podría rendir muchos frutos para la nación se debe a la ausencia casi absoluta de posibilidades tecnológicas para dar un mayor valor agregado al metal, ya que éste sólo se usa -casi absolutamente- en joyería, a la exploración ineficiente de mercados, y a la salida de otros metales asociados al platino como el rodio y el paladio sin registros de exportación o legalización a causa del desconocimiento del valor real de los mismos.

2.2.3 Exportaciones.

Como se puede ver en las tablas 8 y 9, el año de mayor valor de exportaciones fue 1994, en el cual se exportaron un total de 5 toneladas de productos fabricados en platino por un valor cercano a los US\$45 millones; aunque esto aparece en las

partidas de exportación de la DIAN, difiere del dato de producción de 1994 que es de 1,08 toneladas, lo que hace pensar que se vendieron reservas existentes sin registro.

Tabla 8. Exportaciones de platino 1994-2004* en toneladas.

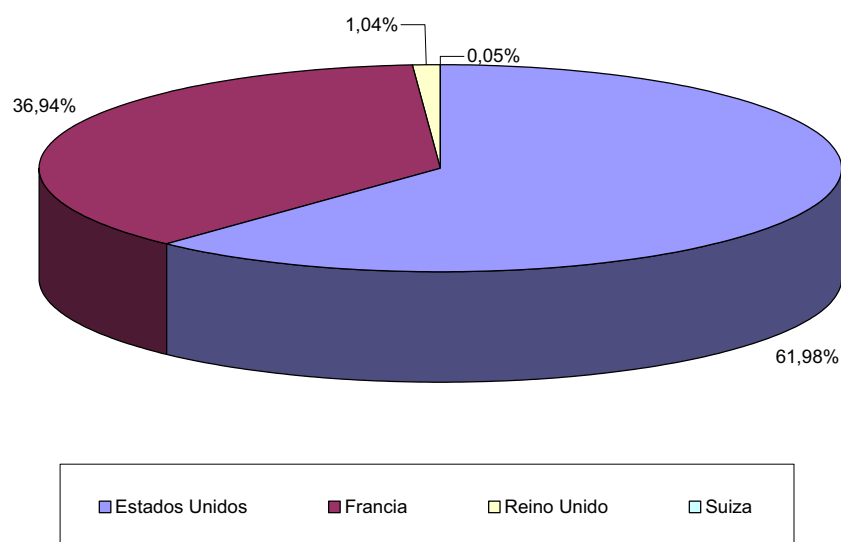
Posición Arancel.	Descripción	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
7110110000	Platino en bruto o en polvo.	0,54	-	0,79	0,23	0,28	1,10	0,45	0,96	0,89	0,92	0,625
7110110010	Platino en bruto sin alear o aleado en estado natural.	4,56	1,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7110000000	Platino en polvo.	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7110110090	Los demás platinos semilabrados.	-	-	-	0,01	-	-	0,01	0,00	0,01	3,00	0,003
7112200000	Desperdicios y residuos de platino o de chapado (plaque) de platino, excepto las cenizas de orfebrería que contenga otro material precioso	0,01	-	-	0,02	0,14	0,02	0,01	0,46	-	-	-
7112920000	Desperdicios y desechos de platino o chapado (plaque) excepto las barreduras que contengan otro material precioso	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	0,035	0,632
7115100000	Catalizadores de platino en forma de tela o enrejado.	-	0,00	-	-	-	-	-	-	0,71	-	-
7110190000	Demás platino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02
8511902010	Platinos de distribuidores excepto para motores de aviación	-	-	-	-	-	-	-	1,844	0,965	1,535	0,7

* Datos a noviembre de 2004

Fuente: DANE – DIAN - PROEXPORT

En promedio, durante la última década las exportaciones de productos de platino, en su mayoría productos en bruto, no han sobrepasado los US\$13 millones anuales, con un pico en 1994 con US\$45 millones y una caída abrupta en 1997 y 1998 con US\$2,9 millones y US\$3,43 millones respectivamente, esto se encuentra relacionado con la caída de la producción. Las exportaciones totales durante la década fueron de US\$145 millones y los principales destinos fueron Estados Unidos y Francia, como se observa en la Gráfica 9.

Gráfica 9. Destino de las exportaciones de platino 1994-2004*



* Primer semestre

Fuente: ALADI

Tabla 9. Exportaciones de platino 1994-2004* en miles de dólares FOB.

Posición Arancel.	Descripción	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
7110110000	Platino en bruto o en polvo.	5.559	0	9.066	2.614	2.844	11.140	6.678	13.416	12.709	16.809	14.075,29
7110110010	Platino en bruto sin alear o aleado en estado natural.	40.164	14.930	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7110000000	Platino en polvo.	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7110110090	Los demás platinos semilabrados.	0	0	0	114	0	0	142	1	152	52	386
7112200000	Desperdicios y residuos de platino o de chapado (plaque) de platino, excepto las cenizas de orfebrería que contengan otro metal precioso.	109	0	0	261	588	231	188	167	0	0	0
7112920000	Desperdicios y desechos de platino o chapado (plaque) excepto las barreduras que contengan otro material precioso	-	-	-	-	-	-	-	-	170.494	609.927	744.328
7115100000	Catalizadores de platino en forma de tela o enrejado.	-	-	-	-	-	-	-	-	16	0	3.287
7110190000	Demás platino	-	-	-	-	-	-	-	0.639	151.799	52.4	457.716
8511902010	Platinos de distribuidores excepto para motores de aviación	-	-	-	-	-	-	-	46.677	20.743	22.179	13.312
Total		45.833	14.948	9.066	2.989	3.433	11.370	7.007	13.631	13.220	17.545	15.679

* Datos a noviembre de 2004

Fuente: DANE-dian – PROEXPORT

2.2.4 Importaciones.

Para el caso de las importaciones, las cuales se presentan en las Tablas 10 y 11, se puede observar que Colombia importó US\$15,45 millones casi en su mayoría representados en catalizadores, tanto para el sector automotriz como para la utilización en los filtros de las fábricas.

Tabla 10. Importaciones de platino 1994-2004* en toneladas.

Posición Arancel.	Descripción	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
7110110000	Platino en bruto o en polvo.	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	-
7110000000	Platino en polvo.	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7110110090	Los demás platinos semilabrados.	-	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,03	0,00	-
7111000000	Chapado (plaque) de platino sobre metal común, sobre plata u oro, en bruto o semilabrado	4,11	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-
7112200000	Desperdicios y residuos de platino o de chapado (plaque) de platino, excepto las cenizas de orfebrería que contengan otro metal precioso.	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7115100000	Catalizadores de platino en forma de tela o enrejado.	0,11	0,13	0,25	0,31	0,56	0,26	0,17	0,19	0,25	0,48	0,09

* Datos a septiembre de 2004

Fuente: DANE - DIAN

Tabla 11. Importaciones de platino 1994-2004* en miles de dólares CIF.

Posición Arancel.	Descripción	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
7110110000	Platino en bruto o en polvo.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
7110000000	Platino en polvo.	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7110110090	Los demás platinos semilabrados.	-	13	3	2	3	0	1	9	20	0	-
7111000000	Chapado (plaque) de platino sobre metal común, sobre plata u oro, en bruto o semilabrado	19	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-
7112200000	Desperdicios y residuos de platino o de chapado (plaque) de platino, excepto las cenizas de orfebrería que contengan otro metal precioso.	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7115100000	Catalizadores de platino en forma de tela o enrejado.	238	493	619	726	491	468	542	1.297	470	1.428	843
TOTAL		279	506	621	728	494	468	549	1.307	490	1.428	843

* Datos a septiembre de 2004

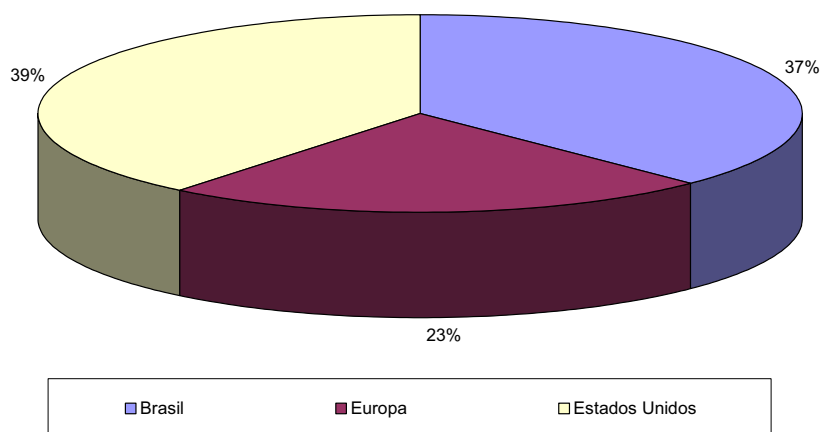
Fuente: DANE –DIAN

En su mayoría las importaciones provienen de Estados Unidos con el 39%, Brasil con el 37% y el 23% restante proviene de Europa, corroborando lo encontrado anteriormente en donde se ve que el principal uso de los artículos de platino importado es el del sector automotriz, ya que el CKD (partes) para ensamblar los

automóviles en nuestro país viene de estos países, esto se puede observar en la Gráfica 10.

La balanza comercial del platino muestra US\$134 millones a favor durante la última década, representados en la masiva exportación de platino en bruto.

Gráfica 10. Origen importaciones de platino 1994-2004*



* Primer semestre

Fuente: ALADI

De acuerdo con lo anterior se puede afirmar que Colombia es un país oferente de platino en bruto y demandante, en poca medida, de productos elaborados con base en platino, especialmente, catalizadores.

Colombia es un país oferente de platino en bruto, sin el adecuado beneficio de los otros metales del grupo y sin ninguna transformación, lo que significa que el país está perdiendo la oportunidad de obtener una mayor riqueza con un producto de

alta demanda mundial y el cual, de acuerdo con los pronósticos y la entrada en vigor de nuevas legislaciones ambientales, tendrá aumento en su demanda.

Aunque en el país existe producción de platino, no se conocen datos de la producción de otros MGP, los cuales por lo general, se encuentran asociados al primero. Sin embargo, dentro de la verificación de importaciones y exportaciones hechas a las partidas de la DIAN, sólo se encontraron datos de importación de rodio y paladio.

En el año 2000 se importó rodio por US\$1.000 proveniente de Estados Unidos, sin que se registre otra importación a la fecha. Para el paladio si se registraron importaciones provenientes de Alemania, Estados Unidos e Italia, tal como se muestra en las Tablas 12 y 13.

Tabla 12. Importaciones de Paladio 1996-2001 en miles de dólares CIF.

Origen	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Alemania	4	-	-	-	-	-
Estados Unidos	-	3	-	-	33	-
Italia	-	-	-	3	5	6
Total	4	3	0	3	38	6

Fuente: ALADI

Tabla 13. Importaciones de Rodio 1996-2001 en miles de dólares CIF.

Origen	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Estados Unidos	-	-	-	-	1	-
Total	0	0	0	0	1	0

Fuente: ALADI

Cabe anotar que en la zona franca de Palmaseca (Palmira), se ha establecido la compañía **PM Group**, la cual se dedica a la fundición y procesamiento de metales preciosos incluidos los metales del grupo del platino (MGP). Su trabajo está enmarcado dentro de la fabricación de diferentes utensilios para los sectores petroquímico, minero, de producción de vidrio y de fabricación de artefactos odontológicos entre otros, utilizando como materia prima limaduras, desperdicios concentrados, sólidos y semisólidos, lodos o líquidos y demás residuos de oro, plata, platino, paladio, rodio e iridio.

3. MODELO PARA ESTIMAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS PRECIOS DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO EN EL CORTO PLAZO

En este capítulo se construye, interpreta y utiliza un modelo para pronosticar el comportamiento en el corto plazo del precio de los metales del grupo del platino (MGP), con base en la información mensual nacional e internacional disponible. En primer lugar, se describe y analiza un modelo económico estocástico de determinación del precio de los MGP en términos de la estructura de la demanda y la oferta de este mercado, presentando al mismo tiempo la solución del mismo. En segundo lugar, se describe la evolución de las variables a pronosticar y un análisis econométrico con el fin de estimar el efecto de factores que han incidido sobre el precio internacional de los MGP. En tercer lugar, se especifica y se estima un modelo econométrico univariado de series de tiempo (ARIMA)² a partir del modelo económico desarrollado en la primera parte, con el fin de proyectar el comportamiento de precios del platino en el corto plazo. Seguidamente, se presentan los resultados de la estimación de los modelos y los pronósticos para las variables en cuestión y finalmente se describe la construcción de la base de datos de las principales variables y las respectivas fuentes de información.

De acuerdo con las necesidades de la UPME, plasmadas en los términos de referencia para el desarrollo de la consultoría sobre el análisis de la estructura productiva de los MGP, se desarrollaron tres modelos de tipo econométrico. Dichos modelos se caracterizan, entre otras cosas, porque utilizan diferentes fuentes de información de acuerdo con la naturaleza misma del modelo. En este sentido se

² La estimación de un modelo ARIMA sigue la metodología propuesta por **Box – Jenkins** (1976) que consta de un método en tres etapas, cuya finalidad es pronosticar series de tiempo univariadas.

desarrolló el modelo econométrico para analizar los factores que históricamente han incidido sobre el precio de los MGP.

Con el fin de estimar este modelo se utilizó básicamente la información recopilada por **Hilliard y Kelly** (1983), la cual se encuentra especificada en la bibliografía del trabajo. Esta información presenta datos sobre consumo o demanda mundial de platino, producción mundial, consumo aparente, importaciones y exportaciones, variables útiles para llevar a cabo este análisis. No se utilizó información de **Kitco** porque no hay disponibilidad sobre estas variables para un período de tiempo lo suficientemente largo 1900 – 2000, lo cual no permite llevar a cabo este ejercicio.

Para el modelo ARIMA univariado de series de tiempo para pronosticar el precio del platino se utilizó básicamente la información sobre el precio internacional del platino cuya fuente es **Kitco**, ya que presenta series de tiempo largas y útiles para poder implementar dicho modelo, y para el modelo de seguimiento semestral del precio del platino se utilizó exclusivamente las series sobre precio internacional del platino cuya fuente es **Kitco**.

De acuerdo con lo anterior, se justifica el uso de diferentes fuentes de información debido a la naturaleza específica del modelo y a las necesidades de análisis requeridas por la UPME. Por tal razón no se puede utilizar la misma fuente de información en todos los capítulos del trabajo de consultoría, pues las diferentes temáticas abordadas en los mismos, implican utilizar fuentes de información diferentes.

3.1 MODELO ESTOCASTICO DE OFERTA Y DEMANDA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PRECIO DEL PLATINO

El tema de la determinación de precios es complejo debido a que involucra aspectos relacionados con la estructura de los mercados en los cuales el producto es comercializado y por consiguiente estos factores pueden inducir desequilibrios en el mismo.

Al catalogarse el platino como un **commodity**³, existe un supuesto discutible y es que la determinación de los precios se constituye en el paradigma básico de los mercados de competencia perfecta. Si esta proposición es aceptada, una ecuación de precios podría estar asociada a la ley estándar de la oferta y la demanda, en la cual el cambio en el nivel de precios depende o está explicado por la brecha (diferencia) entre la demanda y la oferta de mercado.

En lo que sigue, se adoptará un modelo de mercado de oferta y demanda que se caracteriza entre otras cosas, por la obtención de una ecuación de ajuste de precios de equilibrio para el platino. Este precio de equilibrio es consistente con un mecanismo de expectativas en el contexto de un modelo de **commodities** general, que incorpora una variable de demanda intertemporal para los inventarios y que sirve como mecanismo de ajuste de precios. El modelo genera una ecuación de precios en la cual las expectativas con respecto al comportamiento futuro de los precios, esta ligado a la trayectoria futura de los excesos de demanda del producto platino⁴.

³ Un **commodity** en general, describe los productos derivados del sector primario como el minero y el agrícola. Los precios de estos productos son bastante sensibles a las reservas y existencias en indeterminados periodos y porque generalmente son transados en el mercado de futuros.

⁴ Es importante resaltar, que los agentes de la economía o participantes en el mercado no pueden directamente observar los inventarios de platino para formar sus expectativas en torno al precio, pero pueden utilizar otras variables como por ejemplo la tasa de cambio o el precio de otros **commodities** sustitutos, y poder determinar la trayectoria futura de precios.

3.1.1 Estructura del modelo: ecuaciones de oferta y demanda.

La estructura del modelo a desarrollar es consistente con la de un modelo dinámico de ajuste parcial desarrollado inicialmente por **Trivedi** (1990). Aquí, se modifica completamente el supuesto de la formación de precios. Es decir, en vez de utilizar un mecanismo de expectativas racionales se utiliza uno de tipo adaptativo en el mercado del platino.

En este sentido, el comportamiento futuro de los precios que los agentes de la economía esperan en el mercado, se basa enteramente en el comportamiento pasado de los mismos.

Al aplicar las ideas básicas sobre la determinación del precio del platino en un modelo dinámico global⁵ para el platino, se deben considerar varias complicaciones que surgen al momento de construir el modelo. La primera complicación surge por la presencia de rezagos en la producción de platino. En consecuencia, la producción puede estar determinada en parte por las expectativas de precios que se tienen en el pasado con respecto a la vigencia de los precios de hoy. La segunda complicación se origina cuando existe una demanda por inventarios de platino (compuesta por un factor de transacción y uno de tipo especulativo) que debe introducirse en el modelo. El factor especulativo dependerá de la diferencia entre el precio del producto prevaleciente en el mercado y el precio futuro esperado. En este sentido, existirá una estrecha conexión entre el precio actual y el esperado. La tercera complicación se deriva directamente de la hipótesis de expectativas racionales, lo cual implica imponer ciertas restricciones sobre las

⁵ La idea de modelo global, implica la presencia de factores económicos a nivel mundial que tienen en cuenta diferentes mecanismos de transmisión de efectos económicos entre países. Por ejemplo, la mayoría de productos primarios se transan en mercados mundiales de futuros, que tienden a establecer un patrón muy marcado sobre el comportamiento de los precios en países productores de otras regiones.

ecuaciones del modelo y sobre los términos de error en la formación de expectativas.

Si el desequilibrio en el mercado del platino se genera por un período relativamente corto, el supuesto de expectativas racionales en el modelo resulta plausible. De esta forma, se puede caracterizar la respuesta del nivel de precios de equilibrio ante diferentes **shocks** exógenos de oferta y de demanda del producto utilizando expectativas racionales para solucionar el modelo. Este ejercicio, genera una complicación adicional en un marco global y tiene que ver con el hecho de involucrar un número demasiado grande de variables exógenas (tanto por el lado de la demanda como por el lado de la oferta) que lo pueden convertir en un modelo no lineal⁶. Sin embargo, para superar tal complicación se adoptará un mecanismo de expectativas adaptativas para la formación de precios del platino.

De otro lado, en un modelo global como el que aquí se desarrolla, las ecuaciones de demanda y de oferta pueden especificarse en términos del precio de un consumidor y productor local. Esto a su vez, podría reflejar los efectos que pueden tener los impuestos internos del país, la tasa de cambio y otras variables propias de la economía doméstica.

Para efectos analíticos del modelo, el precio que equilibra el mercado se asume como un promedio mundial de precios. Por tanto, la ecuación de precios que se deriva del modelo puede explicar la trayectoria de precios a nivel mundial.

La solución del mecanismo de expectativas adaptativas del presente modelo es la ecuación de precios teórica utilizada como base para estimar y pronosticar los precios del platino.

⁶ Adicionalmente, podría generarse una transición de un modelo de equilibrio parcial a uno de equilibrio general, lo cual no está al alcance de este estudio.

El modelo de demanda y oferta mundial está conformado por las siguientes ecuaciones:

- (1) $O_t = \gamma_1 P_t + \gamma_2 P_t^e + \theta_1 X_{1t} + \varepsilon_{1t}$ (oferta o producción)
- (2) $D_t = -\beta_1 P_t + \theta_2 X_{2t} + \varepsilon_{2t}$ (demanda)
- (3) $P_t^e = P_{t-1}$ (expectativas adaptativas)
- (4) $I_t^D = \delta_1 (P_{t+1}^e - P_t) + \delta_2 D_{t+1}^e$ (demanda de inventarios)
- (5) $I_t = I_{t-1} + (O_t - D_t)$ (condición de equilibrio en el mercado)
- (6) $I_t = I_t^D$ (condición de equilibrio en inventario del mercado)

En donde:

O_t : oferta o producción de platino.

D_t : demanda o consumo de platino.

P_t : precio del platino.

P_t^e : precio del platino para el período t esperado en el período t-1.

X_t : conjunto de variables exógenas que afectan la oferta y demanda.

D_t^e : demanda esperada o futura de producción de platino.

ε_t : término de error que recoge el efecto de otras variables sobre la oferta y demanda de platino, no especificadas en las ecuaciones.

Se asume que los parámetros $\gamma_1, \gamma_2, \beta_1, \delta_1, \delta_2$, son positivos. En el contexto de un modelo de oferta y demanda mundial, los deflatores⁷ apropiados utilizados en las ecuaciones (1), (2) y (4) respectivamente, pueden ser diferentes y ser funciones del nivel general del precio mundial, la tasa de cambio, el consumo y las reservas o inventarios de oferta de platino⁸. Teóricamente el supuesto simplificador asume

⁷ Con el fin de mantener la propiedad de homogeneidad en las funciones de oferta y demanda, el precio que aparece en tales ecuaciones se toma como es el precio real.

⁸ La variable inventarios en el modelo de precios del platino para Colombia podría asociarse a las reservas mineras que posee el país, y por tanto constituirse en una variable de ajuste importante de los precios.

que los deflatores son iguales, lo que implica que las variables de precios que aparecen en las ecuaciones son las mismas. Una posibilidad alternativa es interpretar P_t como el precio nominal de platino, pero incluir los deflatores relevantes y la tasa de cambio como variables exógenas en todas las ecuaciones donde la variable precios aparece. En la práctica, los datos de precios de platino que se utilizarán para estimar y pronosticar el modelo son todos nominales.

La ecuación (1) representa la oferta de platino, la cual es función del nivel de precios actuales o vigentes en el mercado de platino, del nivel de precios esperados, P_t^e , de un conjunto de variable exógenas asociada a la producción de platino (exportaciones, importaciones, precio de otros metales, etc.) X_t , y de un término de error que recoge la influencia de otros factores sobre la producción. Un aumento de los precios actuales o esperados generará una respuesta positiva de la producción de platino, es decir existe una relación directa entre estas variables y la respuesta de la producción ante la variación de las variables exógenas dependiendo de las variables que se muevan en este vector. Por el contrario, la ecuación (2) representa la demanda de platino para un determinado período, que depende del nivel de precios observados, y de un conjunto de variable exógenas X_t . La expresión (3) es un mecanismo de expectativas adaptativas, y muestra el nivel de precios que esperan los agentes prevalezcan en el mercado (P_t^e) el período siguiente, es igual al comportamiento pasado de los mismo (S_{t-1}).

La ecuación (4) es una variante de la ecuación estándar de inventarios utilizada en la literatura de almacenamiento o inventario de producción. El primer término del lado derecho es un componente especulativo que depende del diferencial de precios esperados y actuales. Se asume que $\delta_1 > 0, \lambda_0$ que implica que si el precio esperado es mayor que el precio actual ($P_t^e > P_t$) entonces la demanda por inventarios tenderá a aumentar y viceversa. El segundo término de (4) refleja la

demanda por transacciones de inventarios, la cual depende del comportamiento futuro de la demanda de consumo de platino. Por último, la ecuación (5) muestra que el inventario de producto es igual al nivel de existencias del período anterior (I_{t-1}) más los desajustes que se presenten en la oferta y demanda de mercado.

La relación (4) se puede interpretar como una ecuación de precios, que al combinarla con (6) y resolver para P_t se obtiene:

$$(7) \quad P_t = \left(\frac{1}{\delta_1} \right) I_t + P_{t+1}^e + \left(\frac{\delta_2}{\delta_1} \right) D_{t+1}^e$$

Ahora adelantando un período la ecuación (2) y reemplazando en (7) y después de reordenar algunos términos se obtiene:

$$(8) \quad P_t = -(1/\delta_1)I_t + \left(1 - \frac{\beta_1\delta_2}{\delta_1} \right) P_{t+1}^e + (\delta_2/\delta_1)(\theta_2 X_{2t+1}^e + \varepsilon_{2t+1}^e)$$

Así se obtiene una primera versión de la ecuación de precios de platino en forma univariada susceptible de ser estimada económicamente. Para tal efecto, a partir de (8) se normaliza la variable inventarios haciéndola igual a uno ($I_t = 1$) y que el vector de variables exógenas esperadas sea igual a cero ($X_{2t+1}^e = 0$). Por consiguiente se obtiene la siguiente expresión:

$$(9) \quad P_t = -(1/\delta_1) + \left(1 - \frac{\beta_1\delta_2}{\delta_1} \right) P_{t+1}^e + (\delta_2/\delta_1)\varepsilon_{2t+1}^e$$

Claramente, la ecuación (9) es una ecuación estocástica lineal en diferencias de primer orden con coeficientes constantes, para la cual se puede encontrar una solución general. Además, la expresión (9) se caracteriza porque el nivel de precios del platino del período actual (P_t) queda explicado enteramente por el comportamiento histórico o pasado de los mismos (P_{t-1}) y por los diferentes

shocks esperados de tipo aleatorio (ε_{2t+1}^e) que se pueden presentar por el lado de la oferta y la demanda de platino. De esta forma, es viable utilizar un modelo ARIMA univariado de series de tiempo y realizar pronósticos de corto plazo para los precios del platino (P_t). En (9) se ha utilizado el supuesto de expectativas adaptativas representado por la ecuación (3).

3.1.2 Solución del modelo.

La solución general del modelo estocástico de precios en diferencias que se muestra en la ecuación (9) consiste en obtener la solución general de una ecuación lineal en diferencias de primer orden. Esta solución general está compuesta por la solución homogénea y la particular de la ecuación, la cual toma la siguiente forma:

$$(10) \quad P_t = -(1/\beta_1\delta_2) + (1/\delta_1) \sum_{i=0}^{\infty} (1 - \beta_1\delta_2/\delta_1)^i \varepsilon_{2t+1-i} + A(1 - \beta_1\delta_2/\delta_1)^t$$

Donde $A = P_0$ es una constante arbitraria que puede ser eliminada si conocemos el precio en un período inicial, que en este se supone que es ($t = 0$). Después de solucionar el valor de A con la condición inicial y después de algunas simplificaciones se obtiene:

$$(11) \quad P_t = -(1/\beta_1\delta_2) + (1/\delta_1) \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \beta_1\delta_2/\delta_1)^i \varepsilon_{2t+1-i} + (1 - \beta_1\delta_2/\delta_1)^t [P_0 - (1/\beta_1\delta_2)]$$

Cada uno de los tres componentes de la ecuación de precios del platino (P_t) (11) tiene una interpretación directa. La porción determinística ($1/\beta_1\delta_2$) es el precio de equilibrio de largo plazo en el mercado de platino⁹. El componente estocástico

⁹ La condición de estabilidad del modelo requiere que el parámetro $(1 - \beta_1\delta_2/\delta_1) < 1$ para que la secuencia de precios sea convergente al equilibrio de largo plazo.

ε_{2t+1-i} captura el desajuste o desequilibrio de precios de corto plazo debido a los **shocks** aleatorios que se dan por la oferta o demanda. Estos **shocks** aleatorios tendrán efectos de naturaleza transitoria sobre el nivel de precios si la serie de precios del platino (P_t) es estacionaria¹⁰, lo que se verificará más adelante. El tercer componente es la expresión $[P_0 - (1/\beta_1\delta_2)]$, que muestra la desviación del período inicial del precio de su nivel de largo plazo.

En síntesis el modelo univariado final susceptible de ser estimado econométricamente, es el que muestra la ecuación (11)

3.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA Y DETERMINANTES DEL COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO (MGP)

El objetivo de esta sección es mostrar algunos hechos estadísticos que históricamente han marcado la evolución de los precios internacionales de los MGP, mediante estadísticas descriptivas y la elaboración de un análisis de cointegración¹¹ para determinar las variables que históricamente han afectado el comportamiento del precio internacional de los MGP. En la primera parte, se hace un análisis de estadísticas que describen el comportamiento histórico de los precios internacionales de los MGP. Posteriormente, se realiza un análisis de tipo econométrico para determinar los factores o variables que históricamente han influido en el comportamiento de los precios, detallando la metodología y las etapas que conlleva dicho análisis.

¹⁰ El concepto de estacionariedad, está relacionado con la convergencia de una variable económica cualquiera hacia un nivel de equilibrio de largo plazo. En la práctica, se analiza la estacionariedad débil o de segundo orden que analizan los momentos de primer (promedio) y segundo orden (varianza) del proceso. Por tanto estos deben ser constantes en el tiempo y se dice que el proceso probabilístico de la serie económica no cambia a través del tiempo.

¹¹ El análisis de cointegración es una técnica econométrica que permite establecer relaciones de equilibrio de largo plazo entre las variables económicas en un contexto dinámico. Para mayores detalles de esta técnica ver **Suriñac** (1995).

3.2.1 Estadísticas descriptivas y evolución de las variables a pronosticar.

La dinámica en la evolución de los precios internacionales de los MGP, históricamente ha estado afectada por factores de oferta, demanda y de un componente especulativo originado en la determinación misma del precio en mercados de futuros internacionales. En cuanto al primer componente, juegan un papel importante las reservas mundiales disponibles del producto ya que las reducciones o expansiones de producción¹², ocasionan un efecto inmediato en la evolución del precio. Por otro lado, la dirección en que se mueva el precio dependerá significativamente de las variaciones que experimenta la demanda internacional del producto, si se tiene en la cuenta las significativas necesidades del metal en el sector industrial y la sustitución de materias primas a favor del platino (Pt) en diferentes sectores económicos. En cuanto al componente especulativo, prácticamente es el efecto del comportamiento de los agentes del mercado en torno a la diferencia entre el nivel de precios que se espera con el efectivamente observado. En este sentido los mercados de futuros, se constituyen en el mecanismo de presión o disminución del precio cuando se transan los diferentes volúmenes, lo cual es característico de los **commodities**.

En efecto, como lo menciona **Hilliard** (1983) uno de los más importantes factores que afectan los precios de los MGP son los volúmenes de producción de Suráfrica y la fijación de precios derivada de las transacciones en los mercados a futuros.

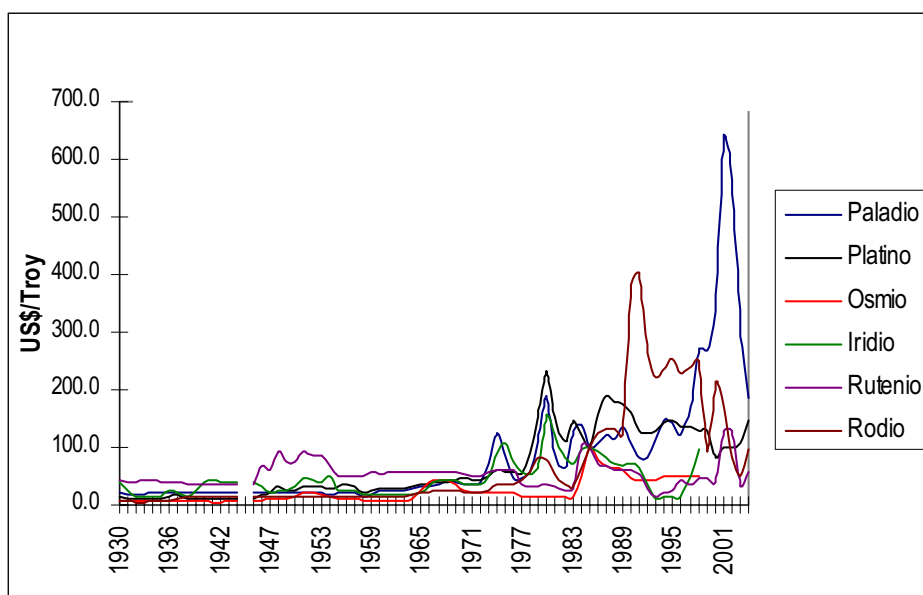
La Gráfica 11 muestra el comportamiento histórico del índice de precios¹³ para los MGP desde 1930 a 1998. Como se observa, en la mayoría de precios se da un comportamiento estable desde comienzos de período, hasta finales de los años

¹² Esto en términos de las expectativas de nuevos hallazgos del metal que con el tiempo pueden generar una mayor expansión de la producción y por ende una reducción internacional del precio.

¹³ Se construyó un índice de precios a partir de los precios nominales históricos tomando como base el año 1985 = 100.

sesenta. A partir de la década de los setenta, con excepción del año 1971, la dinámica de los mismos se vuelve más variable y con tendencia en general a incrementarse. Este período de incremento de precios coincide con el experimentado por el petróleo ante los **shocks** de oferta adversos registrados en este lapso de tiempo. Tal comportamiento en los precios de los MGP durante este período, es consistente con una fuerte reducción de la oferta del metal que automáticamente presionó los precios al alza, tendencia que se originó en los años 1967 - 1969.

Gráfica 11. Comportamiento histórico, índice de precios de los MGP. Base 1985=100



Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. con base en **Hilliard** (1983), **Kitco** (2005) y **U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2005**.

En la Tabla 14, se presenta la tasa de inflación promedio por décadas del índice de precios de los MGP, utilizando una tasa de crecimiento geométrica para cada diez años.

Tabla 14. Inflación promedio década del índice de precio del MGP, 1930 - 2004

Año	Paladio	Platino	Osmio	Iridio	Rutenio	Rodio
1930-1939	-4,0	-2,0	-1,6	-4,5	-1,3	9,6
1940-1949	0,0	7,6	5,8	-4,7	7,3	0,0
1950-1959	-2,3	-0,5	-5,5	-6,2	-0,3	-0.2
1960-1969	5,3	4,1	15,4	9,3	0,2	5,8
1970-1979	12,2	12,8	-4,9	6,0	-4,9	13,6
1980-1989	-3,3	-2,9	15,5	-7,6	5,9	4,6
1990-1998	9,8	-2,2	0,8	3,4	-2,6	-4,3
1998-2004	-3.0	12.4			5.0	6.8
1930-2004	2.8	1.6	2.8	1.3	0.4	0.9

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. con base en **Hilliard y Kelly** (1983).

La inflación promedio más alta durante 1930 – 2004, se presentó en los precios del paladio y el osmio, que presentaron un aumento positivo de 2.8 % en promedio durante los 75 años que incluye el período, seguida de la inflación de precios del platino 1.6%. Durante este mismo lapso, la inflación mínima se registró en el precio del rutenio que alcanzó un nivel de menos de un dígito, 0.4%.

En la década de 1930 - 1939 se observa como tendencia general, un período deflacionario caracterizado por la presencia de tasas de crecimiento negativas del índice de precios de la mayoría de los MGP, excepto para el rodio, que alcanzó una tasa de inflación positiva de 9.6%. Un comportamiento similar se observa en la década 1950 – 1959, en donde la mayor disminución de los precios se registró en el iridio al experimentar un crecimiento negativo de 6.2%.

Por el contrario, el período comprendido entre 1960 – 1969 se caracterizó por las tasas de inflación positivas para todos los precios de los MGP. En efecto, la mayor tasa de inflación registrada del período la presentó el osmio (15.4%), seguido por el iridio (9.3%) que contrasta con la disminución promedio que registró la década anterior. El comportamiento de los precios durante este período reflejó la limitada oferta de los metales que perduró a lo largo de los últimos años de los sesenta.

El lapso comprendido entre 1970 y 1979, se caracterizó por la existencia de una tasa de inflación de dos dígitos, para los principales metales del grupo. Como se evidencia en el Tabla 14, la inflación de precios registrada por el paladio y el platino fue de 12.2% y 12.8% respectivamente, sobresaliendo el incremento en el precio del rodio (13.6%). Los factores de control ambiental, en términos de emisiones de los automóviles, generaron durante este lapso de tiempo expectativas de alta demanda en este sector, con el consiguiente incremento de los precios y la producción. Otro factor que ayuda a explicar la tendencia creciente de precios en este período, según **Hilliard y Kelly** (1983), fue el control de precios llevado a cabo por los USA, el cual se mantuvo durante los años 1972 - 1973. El aumento del precio en el rodio estuvo marcado por la tendencia creciente de la demanda industrial por este metal para la producción de convertidores catalíticos de los automóviles. Para finales de los setentas, las expectativas de los inversionistas, la inflación crónica y la escasez del producto fueron los factores

determinantes del aumento significativo en el precio del platino durante los años 1978 a 1980.

La década comprendida entre los años 1980 y 1989, también presentó aumentos significativos en el precio de algunos metales, en especial del osmio, rutenio y rodio que presentaron tasas de inflación de 15.5%, 5.9% y 4.6% respectivamente. Este comportamiento se explica en parte por la mayor demanda de la industria en general. El crecimiento negativo del precio del platino durante la dicha década, estuvo determinado por la disminución del mismo registrada en el año 1988, por causas puramente especulativas suscitadas en los mercados a futuros.

Durante el período 1990 – 1998, la mayoría de los precios de los MGP presentan una relativa estabilidad.

Finalmente, en el periodo 1999 – 2004 se presentó una inflación negativa en el precio del paladio (-3.0), mientras que el precio de los demás metales presentaron inflaciones positivas y significativas en un rango entre 5.0% y 12%.

Tabla 15. Estadísticas descriptivas, índice de precios de los MPG 1930 – 1998.

Estadística	Paladio	Platino	Osmio	Iridio	Rutenio	Rodio
Promedio	84.3	67.2	23.3	44.2	53.0	66.4
Desvest	112.2	57.5	20.7	30.1	21.9	90.6
Maximo	636.7	232.6	100.0	152.1	128.7	402.5
Minimo	15.9	10.7	5.1	10.7	12.9	4.6
C.V	133.1	85.5	88.9	68.2	41.3	136.4

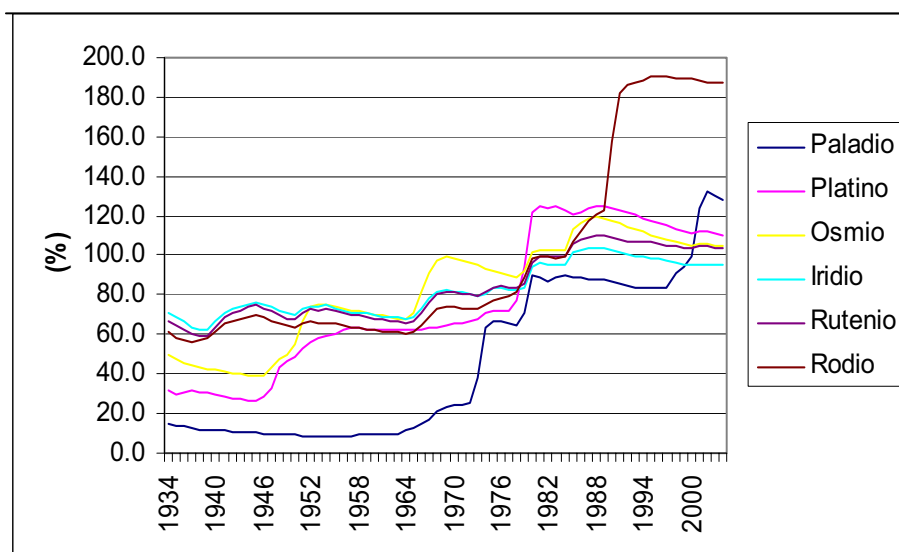
Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. con base en **Hilliard** (1983).

En la Tabla 15 se dan estadísticas descriptivas para toda la muestra del índice de precios comprendida entre 1930 y 2004, que ayudan a determinar el comportamiento histórico del precio de los MGP y el nivel de variabilidad de los mismos. El coeficiente de variación (CV) mostrado, es una medida sencilla de

volatilidad y muestra a cuánto equivale la desviación estándar con respecto al promedio de la variable en cuestión. Según este indicador, la mayor volatilidad de precios durante este lapso la presentaron el paladio y el rodio al registrar una variación de 133.1% y 136.4% respectivamente, con respecto al promedio. También sobresale la variabilidad experimentada por el precio del osmio y del platino, que presentaron un coeficiente de variación de 88.9% y 85.5% respectivamente.

Con el fin de observar la variabilidad de los precios en una forma más dinámica, construimos un indicador de volatilidad mediante el cálculo de un promedio móvil de orden 5, el cual se presenta en la Gráfica 12.

Gráfica 12. Índice de volatilidad del precio de los MGP 1934 - 2004



Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. El índice se calcula con base en la media y la desviación estándar recursivamente a través de un promedio móvil de orden 5.

La Gráfica 12 ayuda a corroborar los episodios inflacionarios analizados atrás, en donde se observa una relativa estabilidad (poca volatilidad) de la mayoría de los precios en la primera fase del período (1930 – 1968), con algunas diferencias. En efecto, la menor volatilidad (estabilidad) de precios la registró el paladio (Pd) y con mayor volatilidad aunque estable, le siguen el platino (Pt) y el osmio (Os). Es importante destacar la Gráfica, durante este mismo lapso de estabilidad, la alineación que se presenta en la volatilidad de los metales rutenio (Ru), rodio (Rh) e iridio (Ir) que presentan un patrón de variabilidad promedio del 68.4%.

A partir de finales de la década de los sesenta se presenta dos episodios de mayor volatilidad para la mayoría de precios de los MGP. El primero comienza en 1965 y termina en 1980, donde la volatilidad promedio fue de 74.3%. El segundo episodio que abarca los años 1980 a 1998, se presentó un aumento promedio de la variabilidad de 111.2% para todos los precios, con excepción del rodio (Rh), que alcanzó la volatilidad más alta a finales de la década de los noventa. Durante el periodo 1998 – 2004, se observa una mayor volatilidad en el precio del paladio y el rodio, que alcanzaron una volatilidad promedio de 114.2% y 188.2%, respectivamente. Mientras que el osmio, iridio y rutenio se han mantenido relativamente estables.

Para complementar el análisis sobre el comportamiento histórico del precio internacional de los MGP, en la Tabla 16 se presenta una serie de eventos internacionales que afectaron la dinámica de los precios a partir de 1964.

Tabla 16. Eventos significativos que afectaron el precio de los metales del grupo del platino (MGP) desde 1964 hasta hoy.

1964 – 1968: restricciones de oferta de platino debido al aumento en la demanda por nuevas refinerías de petróleo.
1971: reducción del precio de los MGP debido a una expansión de la producción en Suráfrica y la recesión económica acontecida en los Estados Unidos y otros países.
1973: expectativas crecientes de demanda por platino y paladio en la construcción de convertidores catalíticos en automóviles en Estados Unidos, que presionaron los precios al alza.
1980: fuerte especulación por parte de inversionistas que generó presiones al alza en la mayoría de los precios.
1983: la firma Rustenburg Platinum Holdings Ltda. , suspendió las cuotas de producción de MGP en Suráfrica, lo que incrementó las transacciones de contratos a futuro en la Bolsa de New York .
1984: incremento de precios del rodio debido a una mayor demanda en la industria de automóviles para producir convertidores.
1986: incremento del precio de platino después de una suspensión de la producción por parte de la firma Impala Platinum Holdings Ltda. en Suráfrica.
1988: Toronto, Canadá. Conferencia de Toronto sobre cambios en la atmósfera. Los países industrializados se comprometieron a reducir voluntariamente las emisiones de CO ₂ un 20% para el año 2005, lo que se conoció como el “objetivo Toronto”.
1990: Sundsvall , Suecia. Hay consenso sobre la necesidad de reducir las emisiones de CO ₂ en un 60-80% sobre los niveles de 1990, para conseguir estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, que presionan levemente la demanda de MGP.
1990: Ginebra, Suiza. Segunda conferencia mundial sobre el clima.

1991: ONU, Nueva York. Como un primer paso, los países industrializados se comprometían a reducir sus emisiones de CO₂ a los niveles de 1990 para el año 2000. Para decepción de la mayoría de los países, y bajo la presión de la administración de Bush padre, los compromisos que se adoptaron no eran legalmente vinculantes. Todo ello conllevó desatar una pequeña especulación sobre los precios del MGP.

1992: Río de Janeiro, Brasil. Durante la cumbre de la tierra, entra en el protocolo de Kioto, abriéndose el período para la adhesión de todos los países.

1997: Japón. Las negociaciones en torno al protocolo concluyen con la adopción de un compromiso legalmente vinculante de reducción para todos los países industrializados. Se estableció el compromiso de lograr una reducción del 5.2% para el año 2010 sobre los niveles de 1990. El protocolo de Kioto también incluía la posibilidad de establecer un comercio de emisiones entre países industrializados. Bajo este compromiso, Japón debía reducir un 6%, EEUU un 7% y la UE un 8%. Otros países tenían el compromiso de estabilizar sus emisiones como Nueva Zelanda, Rusia o Ucrania, o incrementarlas como Noruega un 1% y Australia un 8%. Este protocolo fue firmado por 160 países. Esto presionó fuertemente la demanda de los MGP.

2001: Alemania. Se da lugar a la conocida COP6-bis, con el objetivo de desbloquear lo ocurrido durante la COP6 en la Haya, de manera que se pueda llegar a un acuerdo que permita poner en marcha el protocolo de Kioto.

2004: Rusia ratifica el protocolo de Kioto. Esto generó unas expectativas de precios crecientes de MGP.

2005: entra en vigencia el protocolo de Kioto. Este evento producirá un aumento significativo de la demanda y los precios de los MGP

Fuente: Tomado de **Hilliard y Kelly** (1983).

3.2.2 Análisis de cointegración.

A continuación se presenta un análisis econométrico con el fin de analizar y estimar de una forma estadísticamente robusta y significativa, las variables que han incidido históricamente sobre la dinámica del precio de los MGP durante el período 1900 – 2000. Para tal efecto se aplica la técnica econométrica de la cointegración que sigue la metodología descrita por **Suriñac** y otros (1995).

En general, la metodología de la cointegración se fundamenta en un análisis dinámico y multivariado de series de tiempo, en donde el interés radica en determinar relaciones de equilibrio de largo plazo entre las variables económicas involucradas. La teoría económica sugiere la existencia de relaciones de largo plazo y por tal razón, se adopta aquí este análisis para determinar relaciones de equilibrio de largo plazo que pueden existir con el precio internacional de los MGP y con variables asociadas a la producción mundial, consumo, precios de metales sustitutos, tasa de cambio, variables de inversión como la tasa de interés y de eventos históricos que han incidido en forma significativa sobre los precios. La metodología además de determinar tales relaciones de equilibrio, permite medir el desequilibrio que se puede generar en el mercado de los MGP cuando eventualmente se presenta un **shock** exógeno por el lado de la oferta o demanda del producto. La idea es estimar la velocidad de ajuste de los precios en el tiempo cuando es sacudida por shocks de tipo aleatorio.

Antes de analizar los factores que históricamente afectan los precios de los MGP y exponer con mayor detalle la metodología que permitirá hacerlo, se presenta una serie de hechos estilizados o regularidades empíricas que ligan la evolución de los precios con las variables más relevantes del análisis.

En la Tabla 17 se presentan las correlaciones estimadas entre las tasa de crecimiento del precio de los MGP, producción mundial, consumo aparente, tasa de cambio¹⁴, índice de precios del oro y la tasa de interés de los bonos del tesoro de los Estados Unidos.

Tabla 17. Matriz de correlaciones entre precio de los MGP y otras variables. Diferencia de logaritmos de las variables.

	dlprecio	dlprodm	dlca	dltasa	dloro	billrate
dlprecio	1.0000					
dlprodm	88	1,0000				
	-0,0349					
	0,7466					
	88					
dlca	0,0049	0,0369	1,0000			
	0,9635	0,7331				
	88	88				
dltasa	0,1338	-0,0163	-0,1231	1,0000		
	0,3753	0,9142	0,4151			
	46	46	46			
dloro	-0,4442	0,0595	0,1099	0,2154	1,0000	
	0,002	0,6945	0,467	0,1506		
	46	46	46	46		
billrate	0,0687	-0,3005	-0,0075	-0,0338	-0,0324	1,0000
	0,6463	-0,0402	0,9602	0,8234	0,8306	
	47	47	47	46	46,0000	

¹⁴ Es una tasa de cambio calculada por el Fondo Monetario Internacional para comparar los Derechos Especiales de Giro (DEG) de los países.

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda., con base en estadísticas del Fondo Monetario Internacional. Las negritas representan los niveles de significancia estadística de las correlaciones estimadas y los números debajo de las negritas son las observaciones utilizadas en el cálculo.

dlnprecio: tasa de crecimiento de los precios

dlnprodm: tasa de crecimiento de la producción mundial

dlnca: tasa de crecimiento del consumo aparente

dln tasa: tasa de crecimiento de la tasa de cambio DEG

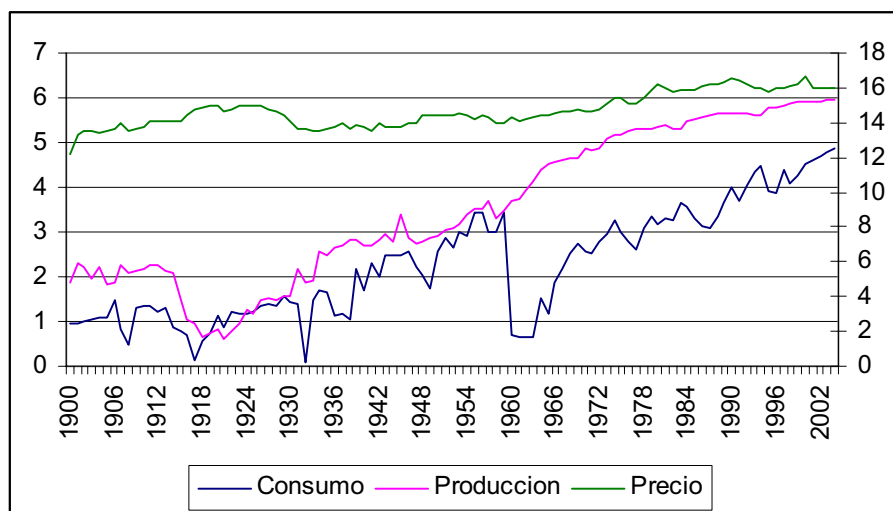
dlnoro: tasa de crecimiento del índice de precios del oro (Au)

Billrate: tasa de interés de los bonos de tesoro de los Estados Unidos.

Aunque la correlación no implica causalidad, sí muestra el grado de asociación estadística que se presenta entre las variables. Como se observa, la relación entre el aumento de la producción mundial está inversamente relacionado con el precio de los MGP, lo que implica que los incrementos en la oferta de producto están relacionados con las caídas de los precios a nivel mundial, como se mostró en los apartes anteriores. Así mismo, el precio está relacionado positivamente con variables de demanda como el consumo aparente¹⁵, tasa de cambio y factores especulativos como las tasa de interés.

¹⁵ El consumo aparente se define como el valor de la producción más las importaciones, menos el valor de las exportaciones, y mide la parte de la producción destinada al consumo interno después de atender la demanda externa.

Gráfica 13. Evolución histórica de precios, consumo y producción mundial de los MGP.

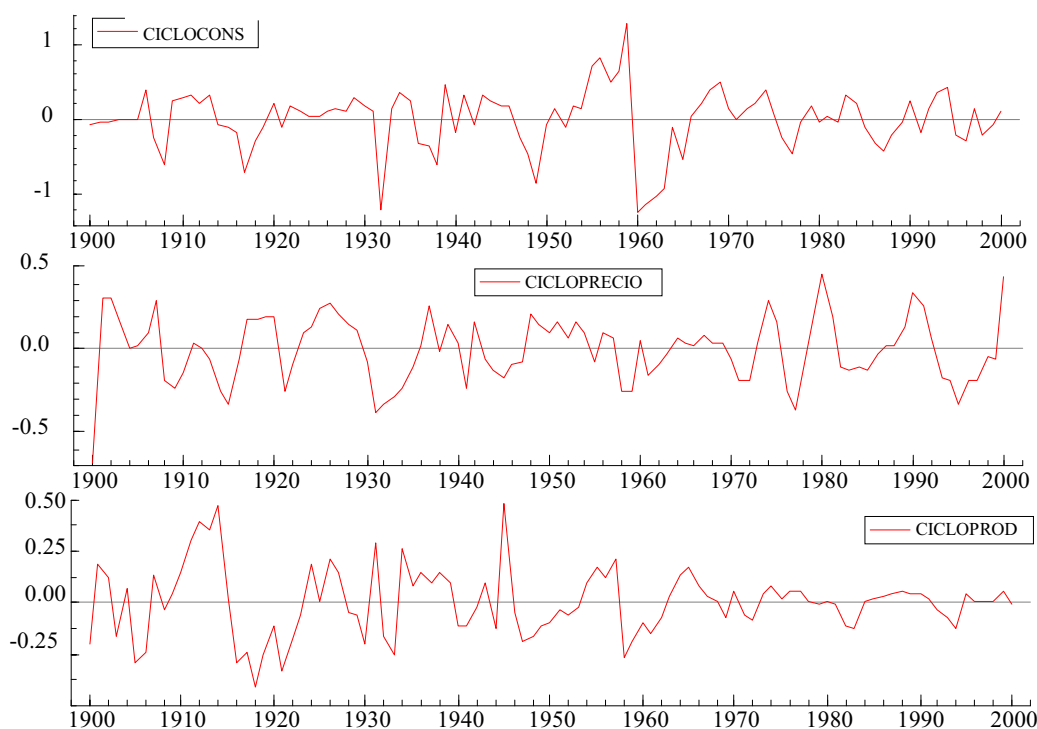


Fuente: **Nelly y Hilliard, platinum – group metals, Kitco (2005) y U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2005.** Las variables se encuentran en logaritmos y el precio se mide en escala derecha.

En la Gráfica 13 se presenta la evolución histórica de las variables precio internacional de los MGP, producción mundial y consumo aparente desde el año 1900 hasta el 2000. Las variables están transformadas mediante logaritmos con el fin de estabilizar la varianza en el tiempo. Se destaca que parece existir una relación de equilibrio de largo plazo entre las tres variables a medida que transcurre el tiempo, efecto que se evidencia más hacia finales del año 2000.

Aparentemente, las variables tienden a converger hacia un nivel de largo plazo, lo que refuerza aún más la metodología de propuesta de cointegración más adelante.

Gráfica 14. Estimación del ciclo para el precio de los MGP, el consumo y la producción mundial.



Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda.

La Gráfica 14 muestra la estimación del ciclo para la variable producción mundial, precio y consumo de los MGP. La estimación del ciclo se realizó con base en la técnica del filtro de **Hodrick y Prescott** (1997), que consiste en un método de suavizamiento a través de un filtro, frecuentemente utilizado por los macroeconomistas con el fin de obtener la estimación del componente de tendencia de largo plazo de una serie.

Técnicamente, el filtro de **Hodrick y Prescott** estima el suavizamiento (s_t) de una serie y_t minimizando la varianza de y_t alrededor de s_t , sujeto a una penalidad que

restringe la segunda diferencia de s . Es decir, el filtro selecciona el valor de s que minimiza la función objetivo:

$$(12) \sum_{t=1}^T (y_t - s_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(s_{t+1} - s_t) - (s_t - s_{t-1})]^2$$

El parámetro de penalidad λ controla el suavizamiento de la serie s_t . En este caso el valor del parámetro escogido fue $\lambda = 100$, dado que la periodicidad de la serie es anual. De esta forma, el ciclo corresponde a la desviación porcentual de las variables precio internacional, consumo y producción de los MGP.

La Gráfica 14, evidencia que la frecuencia del ciclo de los precios, el consumo y la producción ha sido grande durante los 101 años que comprende el período de análisis. Es importante resaltar, que el ciclo de la producción tuvo entre los años 1906 y 1914 una fase de auge o expansión cuya duración en promedio fue de 16 años y el máximo pico alcanzado se dio en el año 1914. No obstante, durante los años siguientes se presenta una fase recesiva en la producción mundial de los MGP, específicamente a partir del año 1915 y hasta 1918. Sobresale que, a partir de la década de los setenta y las siguientes hasta finalizar el siglo XX, que la frecuencia y la amplitud de los ciclos ha ido disminuyendo.

Por el contrario, el ciclo de los precios internacionales de los MGP durante la década de los setenta y siguientes, hasta finalizar el siglo XX, se ha caracterizado por el aumento en la frecuencia y la amplitud de los mismos, tal como se evidencia en la Gráfica 14. En cuanto a los ciclos experimentados por el consumo, resalta la fase de recesión experimentada en el año 1960, cuando se registró una caída vertical del mismo, pero de muy corta duración. La frecuencia de los ciclos para estas variables ha estado afectada significativamente por los **shocks** aleatorios de la oferta y la demanda mundial del producto.

Los anteriores hechos estilizados en torno a la evolución del precio internacional y las variables que parecen tener un efecto significativo sobre su dinámica en el tiempo, se pueden estimar económicamente utilizando la metodología de la cointegración.

La metodología de la cointegración realizada, comprendió las siguientes etapas. En el primer paso se procedió a evaluar el orden de integración de las series de tiempo para las variables analizadas. La idea fue contrastar la presencia de por lo menos una raíz unitaria en los niveles de las variables mediante el test aumentado de **Dickey y Fuller**. Los resultados de las pruebas de estacionariedad ADF se presentan en la Tabla 18. Como se observa, todas las variables son integradas de orden uno $[I(1)]$, lo que implica que los logaritmos de las variables analizadas presentaron una sola raíz unitaria. Con el fin de determinar la posible existencia de una segunda raíz, se realizó la prueba ADF con las series transformadas mediante la primera diferencia, y en todos los casos se rechazó la hipótesis como nula.

Como se aprecia en la Tabla 18, ninguna de las variables es estacionaria. Una vez se corroboró el orden de integración de las variables, el segundo paso consistió en evaluar si las variables en cuestión presentaban una relación de equilibrio de largo plazo. Esto permite evitar las regresiones de tipo espúreo¹⁶.

Las variables incluidas fueron: logaritmo del precio internacional del platino (Lprecio), logaritmo del consumo aparente (Lca), logaritmo de la producción mundial (Lprodmun), logaritmo del índice de precios del oro (Loro), logaritmo de la tasa de los fondos federales de los Estados Unidos (Tbillrate), y logaritmo del índice de la tasa de cambio nominal del valor del DEG en términos del dólar (lusdeg).

¹⁶ El concepto de regresión espúrea frecuentemente se presenta cuando se realiza una regresión lineal en series estacionarias, y tiene que ver con la posibilidad de encontrar relaciones de casualidad y de no causalidad.

Tabla 18. Resultado prueba ADF

Variable dependiente	Estadístico del Test ADF	Valores críticos	
Lprecio (1)	-1.673828	1% Valor crítico	-4.0530
		5% Valor crítico	-3.4552
Lca	-2.880653	1% Valor crítico	-4.0560
		5% Valor crítico	-3.4566
Lprodmun	-2.579978	1% Valor crítico	-4.0530
		5% Valor crítico	-3.4552
Loro	-1.587874	1% Valor crítico	-4.1458
		5% Valor crítico	-3.4987
Tbillrate	-2.669528	1% Valor crítico	-4.1458
		5% Valor crítico	-3.4987
Lusdeg	-3.408119	1% Valor crítico	-4.1781
		5% Valor crítico	-3.5136

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. estimaciones prueba ADF.

Con el fin de determinar la existencia de relaciones de equilibrio de largo plazo en las variables en cuestión, se realizaron las pruebas econométricas de cointegración de **Engle y Granger** (1987). Para tal efecto, se realiza una regresión entre la variable dependiente (precio internacional del platino) y el conjunto de variables explicativas para obtener los residuales de mínimos cuadrados ordinarios. En el caso particular de la estimación del precio del platino, esto implica realizar la estimación de la relación de equilibrio de largo plazo y estimar los residuales de la ecuación de cointegración que tiene la siguiente forma:

$$(13) \quad LPRECIO = \alpha_0 + \alpha_1 LCA_t + \alpha_2 PRODMUND_t + \alpha_3 ORO_t + \alpha_4 USDEG_t + \alpha_5 LBILLRATE_t + \varepsilon_t$$

En donde LPRECIO es la cotización internacional del platino, PRODMUND la producción mundial, ORO el índice de la cotización internacional del oro, USDEG el índice de tasa de cambio del dólar frente al DEG y BILLRATE la tasa de los fondos de la reserva federal de los USA.

Los resultados del modelo de largo plazo o el modelo en niveles, que estima los determinantes del precio del platino se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Estimación para el precio del platino variables en niveles.

Variable exógena	Coeficiente	T- estadístico
CA	0.129554	2.528872*
Prodmund	0.319284	2.537297*
Oro	1.037806	2.013582
Usdeg	0.466769	5.171905**
Tbillrate	-3.027299	-2.331630

R-squared	0.912
Adjusted R-squared	0.90
Suma de los errores al cuadrado	3.06
Durbin – Watson stat	0.70

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. estimación econométrica

*Estadísticamente significativa al 5%

** Estadísticamente significativa al 1%

En el modelo de largo plazo se observa que todas las variables incluidas en el análisis resultaron ser significativas.

En el paso siguiente se procedió a realizar la prueba de cointegración de **Engle y Granger** (1987), consistente en un contraste de hipótesis de estacionariedad de los residuos con base en la prueba aumentada de **Dickey y Fuller** (ADF), en donde bajo la hipótesis nula se postuló que los residuos no son estacionarios o que contienen una raíz unitaria, sugiriendo que las variables no están cointegradas. Si se lograra rechazar la hipótesis nula se concluiría que las variables de la función de demanda por dinero están cointegradas.

Tabla 20. Test de **Engle y Granger**

	Engle-Granger	LR	Valor crítico 5%	Valor crítico 1%	Hipótesis No de CE(s)
LPRECIO	-3.13*	115.	94.15	103.18	Ninguno
LCA		29	68.52	76.07	Máximo 1
PRODMU		70.7	47.21	54.46	Máximo 2
N		8	26.68	33.25	Máximo 3
LORO		42.7	15.41	20.04	
LUSDEG		4	3.76	6.65	
TBILLRA		21.3			
TE		5z 8.02 0.5			

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda.

*Rechaza la hipótesis nula de no cointegración al 5%. Los valores críticos de la prueba de **Engle y Granger** son -3.75 (1%) y 3.0 (5%).

La Tabla 20 presenta los resultados de la prueba de cointegración. Según ello, se corrobora que las variables están cointegradas, es decir que el logaritmo del precio del patino, el logaritmo del consumo aparente, el logaritmo de la producción

mundial, el logaritmo del precio del oro, el logaritmo de la tasa de cambio del dólar frente al DEG y el logaritmo de la tasa de los fondos federales de Estados Unidos presentan una relación de equilibrio de largo plazo.

Según el valor estadístico de la prueba de **Engle** y **Granger** se puede rechazar la hipótesis nula de no cointegración de las variables. Por tanto se puede concluir que el término de error de la ecuación de cointegración del precio del platino es estacionario y por tanto el comportamiento de dicha variable en el corto plazo, se mueve siempre hacia sus valores de equilibrio de largo plazo.

Posteriormente, se especificó un modelo general en diferencias que incorporó los errores de la ecuación cointegrante de las variables en niveles, de la siguiente manera:

(14)

$$DLPRECIO_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i DLPRECIO_{t-1} + \sum_{i=1}^n \beta_i DLCA_{t-1} + \sum_{i=1}^n \beta_i DLPROD MUND_{t-1} + \sum_{i=1}^n \beta_i DLORO_{t-1} + \sum_{i=1}^n \beta_i DLUSDEG_{t-1} + \sum_{i=1}^n \beta_i DLBILLRATE_{t-1} + \psi U_{t-1} + \varepsilon_t$$

En donde:

dlprecio: tasa de crecimiento del precio del platino

dlca: tasa de crecimiento del consumo aparente

dlprodmund: tasa de crecimiento de la producción mundial

dloro: tasa de crecimiento del precio del oro

dlusdeg: tasa de crecimiento de la tasa de cambio del dólar frente al DEG

dlbillrate: diferencia del logaritmo de la tasa de los fondos federales de Estados Unidos

U: errores de la ecuación cointegrante.

Vale la pena anotar que para el modelo de corrección del error, el cual estima el ajuste del corto al largo plazo del precio del platino se incluyó como variable adicional una **dummy** que capta el aumento del precio de platino, derivado por la mayor demanda de la refinerías. Esta variable toma el valor de uno (1) durante el período 1964 – 1968 y toma el valor de cero el resto del período, con el fin de capturar este efecto en los precios internacionales del platino.

Para la estimación de la ecuación de precios, se utiliza la metodología sugerida por la escuela inglesa de econometría. Este modelo utiliza el análisis de series integradas de orden uno [I (1)] y la técnica de cointegración.

En la Tabla 21 se muestran los resultados de la estimación del mecanismo de corrección del error.

Tabla 21. Modelo de corrección del error para el precio del platino

Variable exógena	Coeficiente	T - estadístico
C	0.040656	1.516494
LPRECIO (-1)	0.362493	2.577024*
LCA	0.118237	1.961010**
LCA (-2)	-0.124486	-2.506035*
PRODMUN (-2)	-0.613638	-2.100476*
LORO	0.267506	1.628659**
LUSDEG	0.841306	1.799352**
TBILLRATE (-1)	2.017762	2.481542*
DUMM1	0.072464	0.625243**
U(-1)	-0.234135	-2.296527*

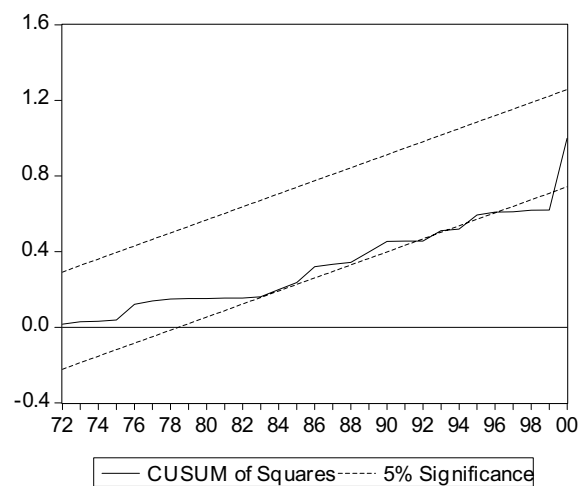
		Probabilidad de rechazo
R-squared	0.52 6	
Adjusted R-squared	0.41 1	
Suma de los errores al cuadrado	0.83	
Durbin-Watson stat	1.70	
ARCH(2)	0.40	0.66
ARCH(1)	0.50	0.48
Heterocedasticidad White	0.35	0.98

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda.

* Estadísticamente significativa al 5%

** Estadísticamente significativa al 10%

Gráfica 15. Prueba de estabilidad de parámetros



Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda.

Según los resultados de la Tabla 21, el modelo de corrección del error explica el 52% de la varianza del precio del platino. Los errores son ruido blanco es decir, se distribuyen normal, independientemente con media cero y varianza constante. Los resultados confirman que no se incurrió en errores de especificación y en la ilustración de la prueba de estabilidad de parámetros (Gráfica 15), se aprecia que los residuales recursivos de las ecuaciones del precio del platino en la mayor parte del período se ubican al interior de la banda de 5%. Esto implica que a pesar de los choques sobre el modelo, no se afectó la estabilidad estructural del mismo durante la mayor parte del tiempo.

La Tabla 21 muestra que en la dinámica del modelo, existe un mecanismo que garantiza el retorno al equilibrio de largo plazo del precio del platino, cuando el sistema es afectado por una perturbación de tipo exógeno. La implicación del mecanismo de corrección del error es que una fracción del desequilibrio en el mercado del metal o un desajuste sobre la relación de largo plazo $U(-1)$, se corrige en el período siguiente. De manera que cuando un **shock** aleatorio por el lado de la oferta o de la demanda conduce a una desviación del equilibrio en el precio, ésta se corrige en un 23%, indicando de todas maneras un proceso de ajuste dinámico.

El sentido económico del parámetro estimado que acompaña a los residuos rezagados un período indica que el precio del platino en el corto plazo, tiende a estabilizarse ya que trata de eliminar y no propiciar desequilibrios en el mercado del metal.

La dinámica de ajuste al equilibrio del modelo requiere que este coeficiente estimado que acompaña a los residuos rezagados un período debe ser negativo tal

como lo muestra el resultado de la estimación y resultó ser estadísticamente significativo y robusto.

Este resultado puede ser contextualizado dentro del modelo de corrección del error en cuanto éste se centra en la dinámica de corto plazo y la hace consistente con el equilibrio de largo plazo. Cuanto mayor sean los parámetros estimados que capturan la velocidad de ajuste, mayor será la respuesta del precio del platino a la desviación del período previo con respecto al desequilibrio de largo plazo. El modelo de corrección del error indica también que el ajuste de corto plazo del precio del platino también está influido por los cambios rezagados de las variables que se incluyen en la función de precio de dicho metal.

Según las estimaciones del modelo de corrección del error (Tabla 21), las variables se comportan en forma consistente con la lógica de su relación con el precio del platino y los parámetros estimados son estadísticamente significativos, diferentes de cero y consistentes.

Tanto el consumo aparente contemporáneo como el rezagado dos períodos es significativo en la explicación de la varianza del precio del platino, y el signo del coeficiente guarda el sentido económico. Esto evidencia el efecto significativo que ha tenido la demanda mundial de platino, en la dinámica de ajuste de los precios.

El rezago de la producción mundial se hacen sentir sobre la variable endógena con una fuerza considerable después de dos períodos. Con respecto al precio del oro, el sentido de la relación es el esperado y la variable tiene una alta significancia estadística. La variable que refleja la influencia de la tasa de cambio del dólar en el mercado internacional resultó ser igualmente significativa y estadísticamente diferente de cero. Esto implica que el efecto cambiario, en términos de las

variaciones de la tasa de cambio, han afectado en forma importante y significativa la evolución histórica de los precios del platino.

Finalmente la tasa de los fondos federales como variable que representa el comportamiento de los mercados financieros especulativos también demostró ser significativa en la cotización internacional del platino. Ello implica que el factor especulativo por parte de los inversionistas presiona el precio en los mercados a futuros donde se transa el producto.

En síntesis, los resultados de la cointegración y del mecanismo de corrección del error sugieren que existe una relación estable de largo plazo entre el precio del platino y algunas variables explicativas claves. De otro lado, en el corto plazo, el ajuste o la corrección de las desviaciones en torno al equilibrio también es estable y predecible. Adicionalmente, la prueba de estabilidad de parámetros (Gráfica 15) sugiere que las perturbaciones a que estuvo sometido el modelo no afectaron la estabilidad estructural del mismo durante el período estudiado.

3.3 MODELO DE ANÁLISIS UNIVARIADO PARA LAS SERIES HISTÓRICA DEL PRECIO INTERNO DEL PLATINO

Con el fin de estimar un pronóstico de corto plazo para el precio interno del platino condicionado a la información disponible en el pasado, se utiliza un modelo univariado de series de tiempo ARIMA¹⁷. La modelación ARIMA se constituye en una herramienta ampliamente utilizada en la economía, para describir el comportamiento temporal de algunas variables, como es el caso de los precios, y de esta manera poder realizar una proyección de corto plazo utilizando única y exclusivamente el comportamiento pasado (historia) de la variable.

¹⁷ Autorregresivo integrado y de media móvil – ARIMA.

La modelación ARIMA, en síntesis, involucra cuatro pasos que se realizan de forma iterativa, a saber: identificación, estimación, evaluación y pronósticos. En la etapa de identificación se utiliza como herramientas básicas las funciones de autocorrelación simple y parcial del proceso univariado para los precios, con el fin de seleccionar el modelo más parsimonioso¹⁸ y ajustado a la estructura de la serie. La etapa de estimación, se realiza luego de identificar el modelo más óptimo, y consiste en estimar los parámetros del modelo mediante el método de Máxima Verosimilitud. Después de estimar cada uno de los parámetros se procede a realizar la etapa de evaluación de los residuos estimados del modelo con el fin de garantizar las condiciones de ruido blanco¹⁹ de la serie estimada.

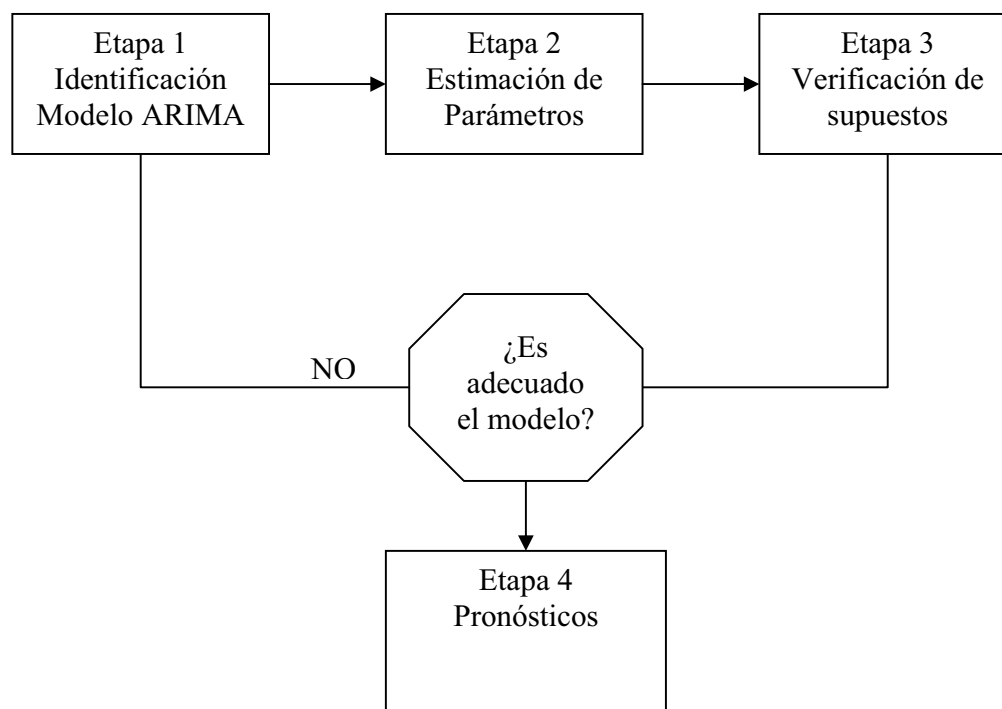
Finalmente, después de que el modelo cumple con las pruebas de optimalidad en sentido estadístico, se procede a ejecutar la etapa de pronósticos de la variable de interés. Es decir, se utiliza el modelo óptimo para realizar pronósticos de corto plazo condicionados a la información del pasado.

El siguiente esquema resume las etapas que se realizan de forma iterativa en la estrategia sugerida por **Box - Jenkins** metodología **Box – Jenkins**.

¹⁸ Seleccionar el modelo más sencillo y el que contenga menos parámetros a estimar, es decir se selecciona el modelo menos sobreparametrizado donde se incurra en un menor costo de pérdida de grados de libertad y permita realizar un buen pronóstico.

¹⁹ Es un conjunto o familia de variables aleatorias distribuidas normal e independiente con valor esperado igual a cero (0) y varianza constante.

Diagrama 1. Proceso iterativo de **Box – Jenkins** para construir modelos



La información sobre precios internos de platino²⁰ es la suministrada por el Banco de la República y para los precios internacionales la fuente es **Kitco**, las cuales presenta una periodicidad diaria y se encuentran para la serie interna desde el año 2000 hasta diciembre de 2004 y la externa desde 1998 hasta el 2004. Con el fin de realizar pronósticos mensuales sobre precios, se realizó un promedio aritmético simple diario para mensualizar la serie. Por otro lado, con el fin de complementar la información de precios interna y poder aplicar la metodología satisfactoriamente²¹, se realizó un ejercicio de retropolación de la serie de precios internos. Este procedimiento consiste, en aplicar las tasas de crecimiento

²⁰ Los precios internos se convierten a pesos a través de la tasa representativa del mercado promedio.

²¹ La metodología de **Box – Jenkins** exige un nivel de información histórico de las variables que garanticen la robustez y la significancia estadística de los modelos.

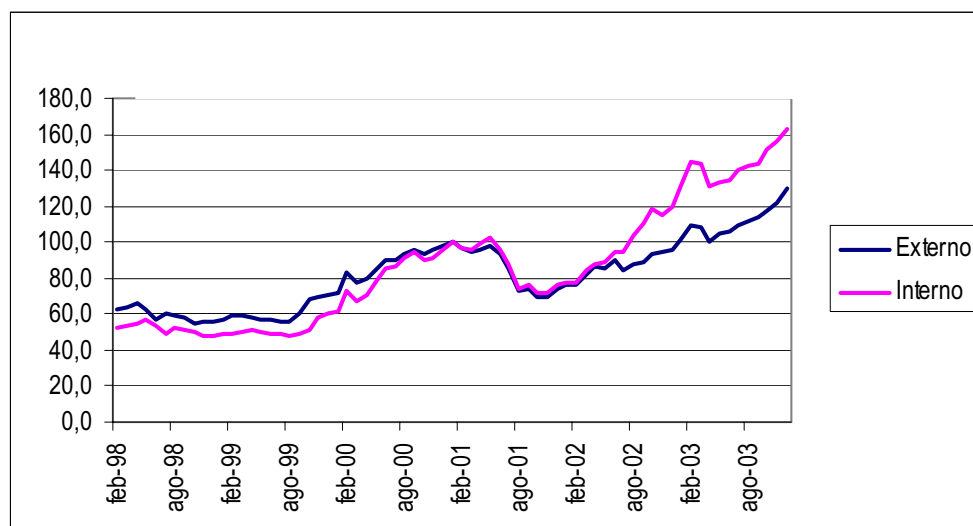
mensuales de los precios internacionales del platino a la serie interna y echar la serie hacia atrás para disponer de información desde el año 1998. De esta forma se cuenta con 83 observaciones para la serie interna de precios que es bastante satisfactoria para estimar el modelo.

El criterio de utilizar la trayectoria de los precios internacionales, radica en que la dinámica de los precios internos esta estrechamente relacionada con la de los externos y se encontró un coeficiente de correlación positivo y altamente significativo de 0.96%, dado que cercano a la unidad. La estrecha relación de estos dos precios se puede observar en la Gráfica 16.

Adicionalmente, para determinar mejor la dinámica de los precios internos en el tiempo se construyo un índice de precios del platino tomando como base el mes de enero de 2001 = 100²².

²² Es importante resaltar, que para construir la serie de precios internos del platino se realizó un promedio simple entre el precio de compra y el precio de venta reportados por el Banco de la República en pesos. Así mismo para la construcción del índice de precios externos se realizó un promedio simple entre el precio de la mañana y el precio de la tarde en US\$. De esta manera la brecha entre los dos índices de precios a partir del año 2002, se puede explicar por un efecto de diferencia en cambio, dado que el precio interno se encuentra en pesos y el externo en US\$.

Gráfica 16. Evolución del índice de precios interno y externo del platino



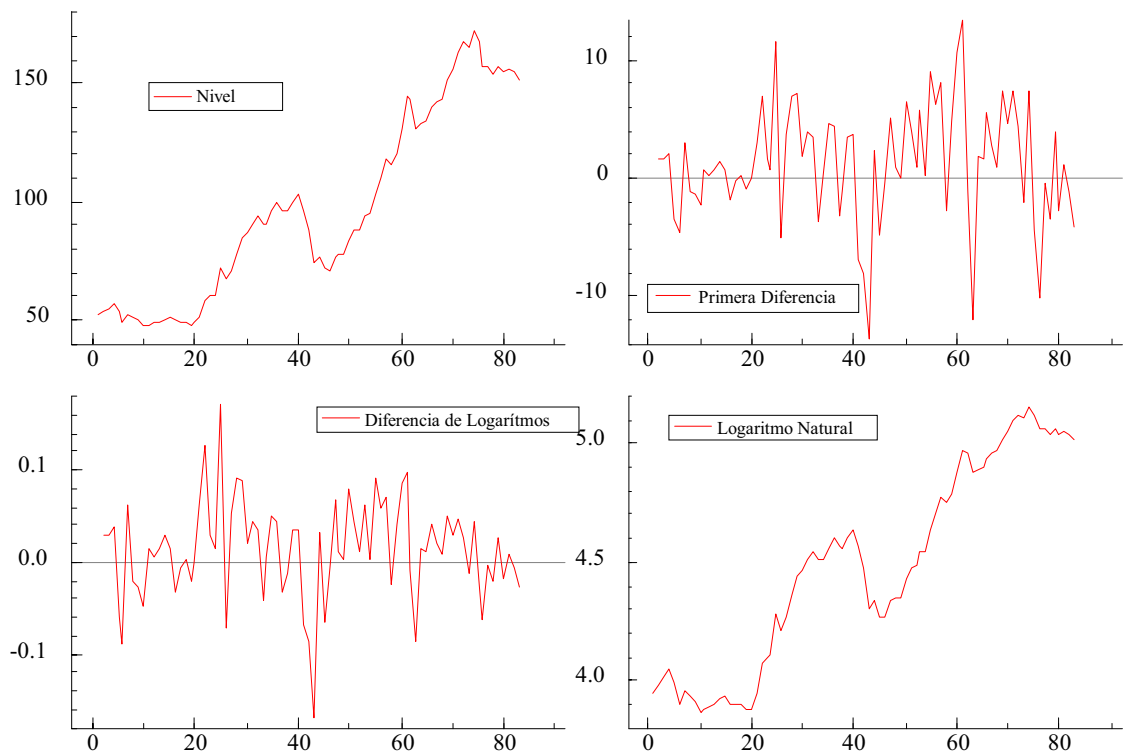
Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda., con base en información Banco de la República.

A pesar que la brecha²³ entre los dos se amplia a partir de julio de 2002, se mantiene la misma tendencia a lo largo de este período y el ejercicio de retropolación de las series utilizado muestra buenos resultados, en la medida en que las serie interna mantiene la misma tendencia hacia atrás desde enero de 2000 hasta el período inicial febrero de 1998.

La Gráfica 17 muestra la serie analizada en niveles y transformada mediante primeras diferencias, logaritmos y diferencia de logaritmos (tasa de crecimiento mensual).

²³ La brecha o diferencial de precios interno y externo del platino no tiene explicación en la prima del 24% que reconoce ASOCASAN a la explotación de oro (Au), dado que el platino aun no esta certificado como minería limpia.

Gráfica 17. Índice de precios internos del platino con varias transformaciones.
Enero 1998 – Diciembre 2004



Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. con base en información del Banco de la República.

La Gráfica 17 evidencia los diferentes patrones y componentes de la serie de precios durante el período analizado. En efecto, el nivel de la serie muestra que la presencia de una tendencia polinómica creciente en el tiempo, tal comportamiento hace que la serie no sea estacionaria y por tanto no apta para modelar bajo el esquema de **Box – Jenkins**.²⁴ Para extraer el componente de tendencia de la

²⁴ Hay que destacar que la estrategia sugerida por **Box – Jenkins** para modelar series con fines de pronóstico, opera bajo el supuesto de que las variables son estacionarias. De no serlo, se utiliza algún tipo de transformación como logaritmos o primeras diferencias para garantizar el supuesto de estacionariedad de la misma.

serie de tiempo analizada, se transformó la variable mediante la primera diferencia. Dicha transformación elimina por completo este componente y la serie fluctúa alrededor de cero, tal como lo evidencia la Gráfica. Así mismo, la transformación de la serie por primera diferencia permite detectar cierta variabilidad de la misma durante el período. Es importante destacar, que aparentemente la serie no presenta un patrón de estacionalidad²⁵ que es muy común cuando se analizan datos de baja frecuencia como la mensual.

Con el fin de determinar si la serie de precios es estacionaria se realizaron pruebas sobre la presencia de raíces unitarias, utilizando la prueba Aumentada de **Dickey – Fuller** - ADF (1979), que es una prueba paramétrica que consiste en contrastar bajo la hipótesis nula si la serie es inestable o no converge hacia un nivel de equilibrio de largo plazo²⁶.

En la Tabla 22 se muestran los resultados de las pruebas de raíz unitaria para la serie índice de precios del platino y niveles, primera diferencia, logaritmos y diferencia de logaritmos.

²⁵ El concepto de estacionalidad o también llamado “efecto calendario”, se refiere a los movimientos de tipo sistemático que presenta la variable y que se repiten en determinados períodos de tiempo.

²⁶ Para mayor detalle sobre esta prueba ver **Dickey – Fuller** (1979), “**Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root**,” **Journal of the American Statistical Association**.

Tabla 22. Prueba de raíces unitarias, índice de precios de platino

Variable	Rezago	t-ADF	Valores críticos - ADF	
			0,01	0,05
Nivel	1	-2,224	-4,074	-3,465
Logaritmo	1	-2,135	-4,074	-3,465
Diferencia	1	-5,349	-4,074	-3,465
Tasa crecimiento	1	-5,304	-4,074	-3,465

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda.

Como se observa en la Tabla 22, para las series en niveles y en logaritmos del precio del platino no se logró rechazar la hipótesis nula de la presencia de por lo menos una raíz unitaria²⁷, lo que corrobora la evidencia presentada en la Gráfica 17, debido a la presencia de una tendencia de tipo determinístico. En contraste, para la variable precio transformado mediante diferencias y diferencia de logaritmos (tasa de crecimiento), se logró rechazar la hipótesis nula, lo que indica que estas series son estacionarias y son óptimas para la modelación. Por consiguiente, se realizará un pronóstico mensual para la tasa de crecimiento o inflación del índice de precios internos del platino.

Una vez garantizada la estacionariedad de las variables y después de realizar varios ejercicios de simulación en la identificación del modelo, se determina un

²⁷ La regla de decisión del contraste de hipótesis nula de la prueba ADF, consiste en comparar el valor del estadístico $t - ADF$ con los valores tabulados o críticos al 1% y 5% de significancia. Si el valor absoluto del estadístico $t - ADF$ es mayor que cualquiera de los valores críticos se rechaza la hipótesis nula de la presencia de por lo menos una raíz unitaria y se acepta la alterna.

modelo ARIMA con intervención²⁸, AR(1), SMA(12) que resulta apropiado para identificar la serie de precios internos del platino en los períodos analizados así:

$$(15) \text{PRECIO}_t = \mu + \phi AR(1) + \gamma SMA(12) + \theta D_t + \varepsilon_t$$

Donde $D_t = 1$ a partir de diciembre de 1998, y cero en otros casos. Es decir, es una variable cualitativa que permite capturar alguna intervención en el modelo con el fin de capturar algún evento o **shock** aleatorio en la demanda o la oferta a partir de ese período. La componente SMA (12) intenta capturar algún tipo de estacionalidad en la componente de media móvil de orden 12 – MA(12), debido a que la serie presenta una frecuencia menor a un año²⁹.

En la Tabla 23 se presentan los resultados de la estimación del modelo ARIMA que se describe en la ecuación (15).

²⁸ La intervención se construye mediante la inclusión de una variable **dummy** o cualitativa que captura alguna cualidad de interés, y que toma el valor uno (1) cuando está presente la cualidad y cero (0) cuando está ausente. En este caso la cualidad de interés es capturar los shocks de tipo aleatorio de oferta y demanda que afectan a los precios a partir de diciembre de 1998.

²⁹ Generalmente la presencia de componentes de tipo estacional en una serie de tiempo es más común cuando presentan frecuencias menores a un año, por ejemplo en series mensuales, semestrales o trimestrales, etc.

Tabla 23. Resultados de la estimación del modelo ARIMA, 1998.2 – 2004.12.
Método de estimación por máxima verosimilitud.

Variable dependiente: $dlprecio_t$				
Variable	Coeficiente	Error estándar	T-stadistic	Sing
C	5,728	1,233	4,646	0,000
AR(1)	0,985	0,014	70,357	0,000
SMA(12)	-0,362	0,127	2,850	0,003
Dummy _t	0,045	0,034	1,324	0.095
R-ajustado	0,982			
D-W	1,67			
Ljung-box (17-2)	13,42 (0,56)			
AIC	-111,260			
SC	-100,02			

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda.

Como era de esperarse, el coeficiente estimado que acompaña a la variable **Dummy** resultó ser estadísticamente significativo y diferente de cero, lo que implica la presencia de algún efecto de intervención en el precio interno del platino (Pt). Adicionalmente, el modelo estimado presenta un buen ajuste, pues cerca del 98% de la varianza de los precios se encuentra explicada por los componentes del modelo.

Según los resultados, las estimaciones de los parámetros que acompañan a los componentes AR(1) y SMA(12) son bastante consistentes, lo cual sugiere que es el

modelo apropiado para describir la serie de precios a lo largo del período febrero de 1998 – diciembre de 2004. Lo anterior se corrobora, por los valores de los criterios de **Akaike** y de **Schwartz** que indican que este fue el modelo más parsimonioso. Además, las estadísticas que evalúan la presencia de autocorrelación serial de primer orden (**Durbin** y **Watson**) y de mayores órdenes de autocorrelación, reflejan la ausencia de este problema que puede estar presente en los residuos estimados del modelo.

Después de estimar el modelo, el siguiente paso fue evaluar la validez del modelo ARIMA que se recoge en la ecuación (15), cuyos resultados se encuentran en la Tabla 23. Para tal efecto, se realiza un test de normalidad sobre los residuos estimados mediante la aplicación de la prueba de **Komogorov – Smirnov**. Según esta prueba, bajo la hipótesis se postula que los residuos provienen de una distribución normal. Los resultados de esta prueba que se presentan en la Tabla 24, indican que los residuos son normales dado que no se puede rechazar la hipótesis nula.

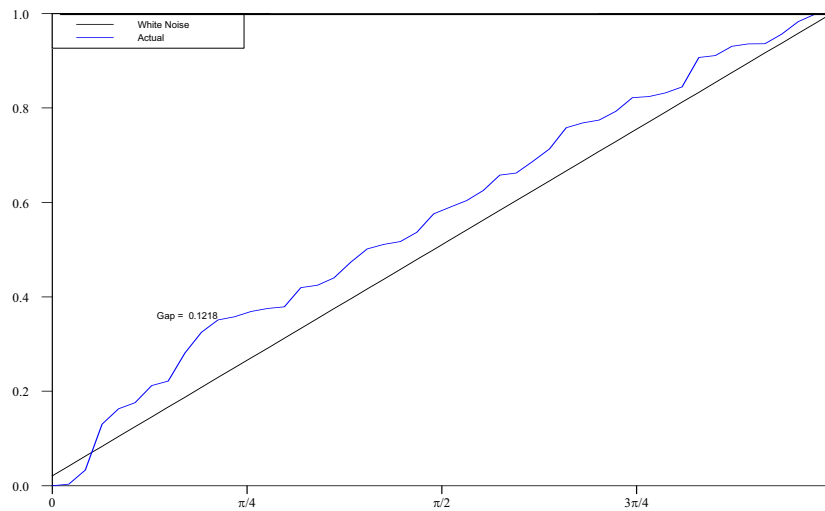
Tabla 24. Prueba de normalidad sobre los residuos estimados

Komogorov – Smirnov Maximum Gap = 0.1218 At Frecuency 0.7199		
Aproxímate Rejection Limits		
1% = 0.2353	5% = 0.1963	10% = 0.1761

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. con base en estimación del modelo

La Gráfica 18, corrobora y complementa la prueba sobre los residuales del modelo ARIMA estimado. Se evidencia la presencia de residuos tipo ruido blanco, en la medida en que la brecha (línea azul) no se aleja mucho de la diagonal.

Gráfica 18. Prueba acumulada del períodograma: normalidad sobre residuales del modelo



Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. con base en estimación del modelo.

Finalmente y después de haber pasado las pruebas de validación, se utiliza el modelo ideal con fines de pronóstico. Los pronósticos de corto plazo se realizaron para los meses octubre de 2004 y julio de 2005, dada la información disponible de la serie en el pasado. La Tabla 25 presenta los pronósticos de la diferencia del logaritmo para la serie de precios (tasas de crecimiento mensual y anual) y para el nivel de la serie durante este horizonte de tiempo. Con el fin de obtener el valor pronosticado del nivel de la serie, se procedió a aplicar las tasas de crecimiento proyectadas a los niveles del índice de precios disponibles en el período pre-pronóstico, a través de la siguiente expresión:

$$(16) \text{PRECIO}^* = \frac{\text{PRECIO}_t}{\text{PRECIO}_{t-1}} - 1$$

Ahora transformando ligeramente (16) y adelantando un período podemos obtener una expresión para el comportamiento del PRECIO en el período $t+1$,

$$(17) \left(1 + PRECIO^*\right) * PRECIO_t = PRECIO_{t+1}$$

En donde $\left(1 + PRECIO^*\right)$ es la tasa de crecimiento pronosticada para los períodos en cuestión. Los resultados se presentan en la Tabla 25.

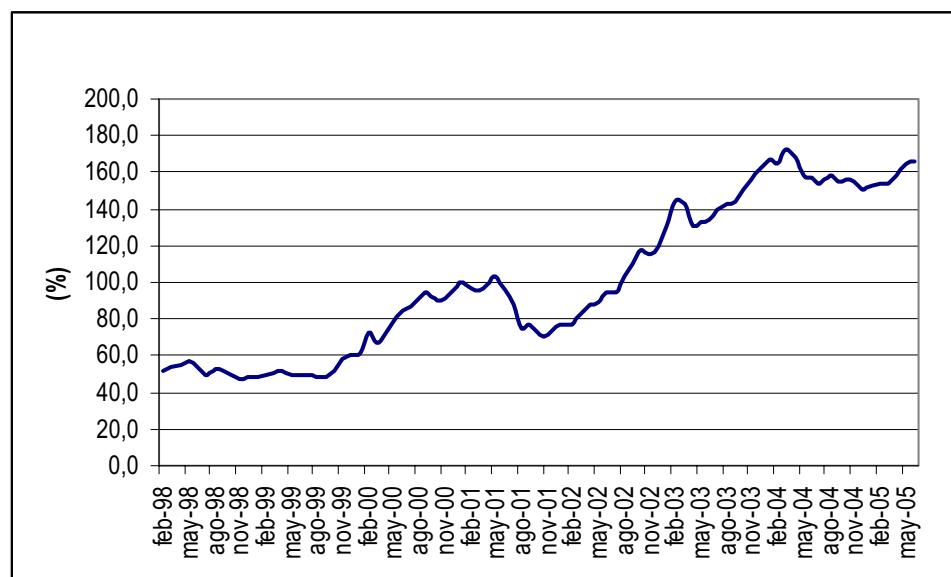
Tabla 25. Pronósticos del precio del platino modelo ARIMA con información hasta diciembre de 2004. Base enero de 2001 = 100 y porcentajes

Meses	Niveles observada	Niveles proyectados	Inflación anual	Inflación mensual
2004.10	156.26	153,26	1,90	
2004.11	155.22	165.06	-0.060	0.056
2004.12	151.03	172,41	0.058	0.044
2005.01	153.59	176.26	0.054	0.022
2005.02	153.08	180.86	0.095	0.026
2005.03	154.49	183.47	0.064	0.014
2005.04	152.75	183.02	0.089	-0.002
2005.05		180.06	0.141	-0.01
2005.06		180.03	0.144	-0.00
2005.07		178.41	0.159	-0.008

Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. con base en modelo estimado.

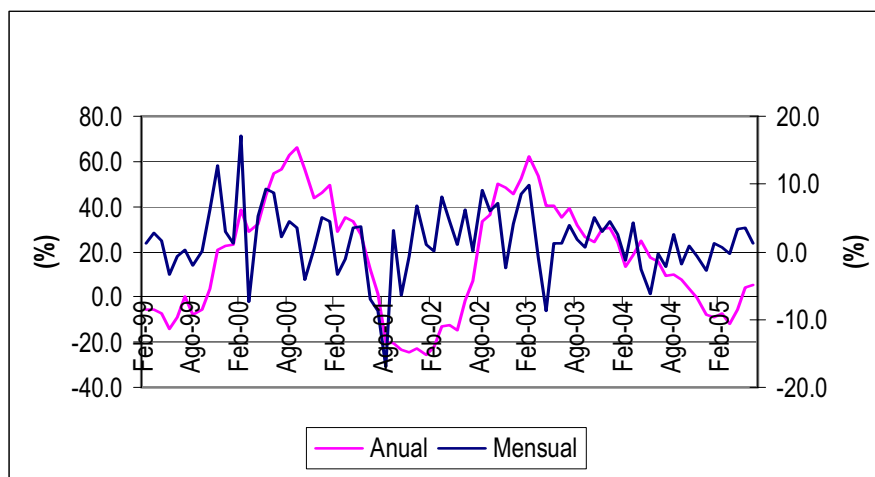
Con base en los resultados anteriores, se espera que la tasa de crecimiento del índice de precios del platino, inflación anual, sea positiva hasta agosto de 2005, y la mensual positiva hasta marzo de 2005 y negativa de abril a agosto de 2005 dada la información disponible. Adicionalmente, el modelo estimado se ajusta bastante bien a los datos observados, pues el precio pronosticado no se encuentra muy lejos de aquellos. En las Gráficas 19 y 20, se puede apreciar el comportamiento del precio interno del platino tanto en niveles como en tasas de crecimiento durante el pasado y en el horizonte de pronósticos.

Gráfica 19. Comportamiento del precio del platino en el horizonte de pronósticos



Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. con estimación del modelo.

Gráfica 20. Inflación anual y mensual precio interno del platino



Fuente: Cálculos Geoamérica Ltda. con estimación del modelo. La inflación anual se mide en escala izquierda.

Los resultados del pronóstico de precios derivado de la estimación del modelo ARIMA, son buenos y capturan la tendencia de corto plazo de los mismos. Sin embargo, la estimación y el pronóstico realizados dependen enteramente de la información disponible en el pasado y de la calidad de los datos. La ventaja que presenta la modelación ARIMA de series de tiempo univariadas, es la de modelar la dinámica de corto plazo de los precios sin incurrir en grandes costos de información y de variables claves adicionales. De otro lado, la capacidad de pronóstico de un modelo univariado como el anteriormente desarrollado, es bastante aceptable, aunque adolezca de cualidades de tipo interpretativo, pues quedan ausentes otras variables que podrían afectar la dinámica de precios del platino.

Se recomienda la estimación y utilización del modelo univariado de series de tiempo ARIMA para pronosticar el comportamiento de los precios del platino y demás metales del MGP, como un mecanismo para realizar un seguimiento de corto plazo de los mismos. Un modelo multivariado de series de tiempo sería ideal para modelar enteramente el comportamiento de mediano y largo plazo de los precios del platino. No obstante, el tiempo de dedicación para su elaboración, por una parte y por la otra la construcción del mismo.

3.4 BASE DE DATOS HISTÓRICA

La construcción, recopilación, fuentes de información y las diferentes unidades en las cuales se encuentran las variables de precios y producción, nacional e internacional, de la base que sirvió para realizar los análisis de factores históricos que afectan el precio internacional del platino, así como los pronósticos del precio interno del platino se describen a continuación. La base se anexa en formato excel con el nombre de cada una de las variables utilizadas en los análisis.

3.4.1 Base de datos histórica de producción.

Se construyeron dos bases, una para el análisis de factores que han incidido históricamente en el precio internacional de los metales del grupo del platino (MGP) y la segunda para la producción interna suministrada por la UPME.

En cuanto a la primera, la producción mundial se tomó del **Mineral Yearbook** (MYB) - **Mines and the U.S geological surveys** y **Mineral resources of the United States** (MR). La unidad se encuentra en dólares por toneladas métricas y abarca el período comprendido entre los años 1900 y 2000. La variable

importaciones, corresponde a las importaciones realizadas por Estados Unidos para consumo y los datos se obtuvieron a partir de **Mineral Yearbook (MYB) - Mines and the U.S Geological Surveys** y **Mineral resources of the United States (MR)** y la unidad es valor en dólares por toneladas métricas y abarca el período comprendido entre los años 1900 y 2000. Las exportaciones se encuentran en dólares por toneladas métricas y se obtuvieron del **Mineral Yearbook (MYB) - Mines and the U.S Geological Surveys** y **Mineral resources of the United States (MR)**. El período comprende desde el año 1900 hasta 2000. El consumo aparente se mide a través de la fórmula,

$$\text{CONSUMO APARENTE} = \text{PRODUCCIÓN} + \text{IMPORTACIONES} - \text{EXPORTACIONES}$$

La información para esta variable se obtiene del **Mineral Yearbook (MYB) - Mines and the U.S Geological Surveys** y la unidad son dólares por toneladas métricas. El precio internacional de los MGP es un promedio ponderado de cada uno de los precios de los metales del grupo del platino. La serie comprende desde el año 1900 hasta el 2000. Esta variable reporta el valor de una tonelada métrica del consumo aparente de los MGP.

La variable de producción interna de platino se encuentra con una periodicidad anual desde 1990 hasta el año 2003 (dato a septiembre de 2004). La unidad son gramos y la fuente es la UPME y Minercol Ltda.

3.4.2 Base de datos histórica de precios de los metales del grupo del platino (MGP).

La fuente de información sobre los precios internacionales de los MGP utilizada en los análisis econométricos se tomó a partir de la compilación histórica realizada por **Henry E. Hilliard**. La información se encuentra desde 1911 hasta 1998 y la unidad es dólares por onza **Troy**³⁰. La información mensual sobre el precio internacional de los MGP se tomó de **Kitco**, entidad que reporta la información del precio del platino diariamente. Para obtener una serie mensual de precios, se calculó un promedio aritmético simple y se construyó un índice de precios que toma como base el año 2001 = 100. La serie interna del precio del platino, se tomó de la información suministrada por el Banco de la República y la unidad es pesos por gramo. Esta información tiene una periodicidad diaria desde el año 2000 hasta diciembre de 2004 y se mensualizó estimando un promedio aritmético simple para luego definir un índice tomando como base el año 2001 = 100.

Para tener información desde 1998 hacia atrás del precio interno de platino, se realizó un ejercicio de retropolación que consistió en aplicar la tasa de crecimiento de la serie del precio internacional del platino a la serie interna y luego completar la serie hacia atrás. El criterio de aplicar la tasa de crecimiento de precios internacionales radica en la estrecha conexión que tiene este con el interno.

³⁰ Para convertir los precios a kilogramos se utiliza el factor multiplicador 32.1507.

4 MODELO DE ANÁLISIS SEMESTRAL DE MERCADO

En este capítulo se describe la forma de construir algunos indicadores que permitan realizar el monitoreo y seguimiento semestral del comportamiento del precio interno del platino. Para tal efecto se presenta una metodología de construcción de los mismos y se detalla las fuentes de información utilizadas en su construcción. Finalmente se presenta la construcción y estimación de un modelo de vectores autorregresivos estructurales VAREST, para las variables precio interno y precio externo del platino. Este modelo permitirá realizar un seguimiento de los precios internos a partir de variables externas que pueden influir significativamente sobre la dinámica de los mismos y estimar la respuesta de los precios internos en el tiempo cuando se presentan **shocks** de tipo exógeno. Es importante comentar, que la construcción del modelo de seguimiento semestral debe utilizar información de tipo mensual a partir de la cual se pueden realizar inferencias de tipo semestral.

4.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES PARA EL ANÁLISIS SEMESTRAL

Una variable clave que marca la trayectoria pasada y actual de los precios internos de platino (Pt), es el precio internacional de este metal. Por tanto, esta variable es importante para realizar el seguimiento mensual del precio interno, mediante el cálculo de la variación mensual, anual y año corrido del precio externo. De acuerdo con ellos, el primer indicador a estimar sería:

$$(18) \text{ Inflación mensual externa } Inf_t^{m*} = \left(\frac{P_t^*}{P_{t-1}^*} - 1 \right) * 100$$

La ecuación (18) muestra la dinámica del precio internacional del platino mes a mes durante un mismo año.

Donde:

Inf_t^m : inflación mensual externa en el período t.

P_t^* : índice de precios internacional del platino en el mes t.

P_{t-1}^* : índice de precios internacional del platino registrado en el mes inmediatamente anterior del mismo año.

$$(19) \text{ Inflación anual externa } Inf_t^{A*} = \left(\frac{P_t^*}{P_{t-1}^*} - 1 \right) * 100$$

Mide la dinámica o la variación del índice de precios externo de platino, comparando un determinado mes de un año frente al mismo mes pero del año inmediatamente anterior. La definición de las variables es idéntica a la del indicador anterior, excepto que cambia el período de comparación, pues es el mes del año t con relación a igual mes pero del año t-1.

$$(20) \text{ Inflación externa año corrido } InfAC_t \equiv \left(\frac{P_t}{P_{Dic-t-1}} \right) * 100$$

Mide la evolución de los precios internos del platino a lo largo del año comparado con relación a los precios vigentes en el mes de diciembre del año inmediatamente anterior. Es decir, diciembre del año anterior es el mes de referencia.

Donde:

P_t : nivel de precios de platino vigente en el mes del año t

$P_{dic-t-1}$: nivel de precios del platino vigente en el mes de diciembre del año inmediatamente anterior.

De igual forma, se estiman los mismos indicadores para el índice de precios interno del platino.

$$(21) \text{ Índice de precios relativos del platino } IPR_t \equiv (P_t^* / P_t) * 100$$

Mide el comportamiento del precio externo del platino con relación al comportamiento del precio interno durante un periodo determinado. Un aumento de este precio implica una cotización mas alta del precio externo en términos del interno y una caída de este índice implica que el precio interno del platino tiene una mayor cotización en el mercado que el externo.

Donde:

P_t^* y P_t es el índice de precios externos e internos del platino respectivamente.

$$(22) \text{ Inflación anual relativa } INFAR_t \equiv \left(\frac{1 + InfA^*}{1 + InfA_t} \right)$$

Mide la variación porcentual de los precios externos e internos durante un período de tiempo determinado. Si la inflación relativa esta aumentando, quiere decir que la inflación interna del platino es menor en comparación con la inflación externa y viceversa. $InfA^*$ e $InfA_t$ es la inflación anual externa e interna respectivamente.

En el Anexo 1, se presenta la evolución en el tiempo de los indicadores anteriormente descritos.

4.2 MODELO DE VECTOR AUTORREGRESIVO ESTRUCTURAL-VAREST- PARA EL PRECIO INTERNO DEL PLATINO

Se trata de construir, estimar e interpretar un modelo de vectores autorregresivos estructurales (VAREST) para el precio interno del platino, con el fin de poder realizar un seguimiento semestral del precio interno a través de la evolución mensual del precio externo, la cual se encuentra altamente correlacionada con el precio interno. Así mismo, el modelo VAREST estimado permite determinar la respuesta en el tiempo de los precios internos del platino cuando son afectados por choques aleatorios y por la influencia de las variables involucradas en el mismo. De esta forma, el comportamiento mensual de las variables influyentes en el precio del platino podrían ser utilizadas para monitorear la dinámica en el tiempo del precio interno.

Para tal efecto, se utilizó la información mensual disponible desde enero de 1998 hasta diciembre de 2004, de las principales variables involucradas (precio internacional del platino y precio interno del platino) en el VAREST y se realizó el análisis de seguimiento para el año 2005.

La construcción y estimación del VAREST sigue de cerca la metodología desarrollada por Melo y **Hamann**, aplicada a la estimación de la inflación básica para Colombia a partir de la hipótesis de neutralidad del dinero, en donde los autores utilizan la estimación de un modelo VAR (vector autorregresivo) con restricciones de tipo estructural, desarrollado originalmente por **Quah** y **Vahey** (1995).

Aquí específicamente, se desarrolla el análisis de un modelo VAR estructural bivariado, por cuestiones de simplicidad y por conservar el principio de la parsimonia, en el sentido que se utiliza el modelo mas sencillo y que tenga el menor numero de variables involucradas porque es el que puede derivar mejores y más robustos resultados para la variable precio interno del platino.

La metodología VAR básicamente consta de cuatro pasos a saber: 1) especificación de las ecuaciones del modelo estructural de acuerdo con la teoría económica, 2) garantizar las condiciones de estacionariedad de las variables involucradas del modelo, mediante el contraste de la presencia de raíces unitarias sobre las series analizadas, 3) estimación del modelo estructural mediante la técnica de mínimos cuadrados ordinarios (M.C.O) y 4) realizar el análisis de la función de impulso respuesta (FIR) y la descomposición de la varianza del modelo estimado.

1) Especificación del modelo estructural. Notando P y P^* , en logaritmos naturales, como el precio interno y externo del platino respectivamente, ε_1 y ε_2 los términos de perturbación. Se supone que P y P^* tienen tendencias estocásticas y no están cointegradas. De esta forma, se estima un modelo VAR sobre las primeras diferencias de las series bajo estudio.

Al definir $X_t \equiv \begin{bmatrix} \Delta P_t \\ \Delta P_t^* \end{bmatrix}$ y $\varepsilon_t \equiv \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$, el modelo VAR (p) estimado es:

$$(23) \quad X_t \equiv \theta_1 X_{t-1} + \theta_2 X_{t-2} + \dots + \theta_p X_{t-p} + \varepsilon_t$$

Donde los θ_i son las matrices (2 x 2) de coeficientes y $\varepsilon_t \equiv (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t})'$ es un vector ruido blanco.

Si el proceso VAR en (23) resulta ser estacionario, este modelo puede ser expresado de la siguiente forma:

$$(24) \quad X_t \equiv C_0 \varepsilon_t + C_1 \varepsilon_{t-1} + C_2 \varepsilon_{t-2} + \dots$$

Donde $C_0 \equiv I$, y $E(\varepsilon_t \varepsilon_t') \equiv \Sigma$

El vector $\{X_t\}$ puede ser igualmente expresado en términos de las perturbaciones $\{\varepsilon_t\}$, lo que equivaldría a una representación de un vector de media móvil (VMA) del modelo VAREST

$$(25) \quad X_t \equiv D_0 \varepsilon_t + D_1 \varepsilon_{t-1} + D_2 \varepsilon_{t-2} + \dots$$

Donde:

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_t') \equiv I$$

Considerando las ecuaciones (24) y (25) en términos del operador de rezago L e igualándolas se obtiene:

(26) $C(L)\varepsilon_t \equiv D(L)\varepsilon_t^*$. Asumiendo que la matriz D_0 es no singular, la ecuación (24) se puede expresar como

$$(27) C(L)\varepsilon_t \equiv D(L)D_0^{-1}D_0\varepsilon_t^*$$

Por lo tanto, las perturbaciones $\{\varepsilon_t^*\}$ se pueden estimar a partir de las estimaciones de la serie $\{\varepsilon_t\}$ y de la matriz D_0 .

2) Estacionariedad de las variables analizadas: pruebas de raíz unitaria. El modelo VAR estimado utiliza series mensuales del índice de precios internos del platino y el índice del precio internacional del mismo. La fuente de información utilizada es el Banco de la República para las series de precios internos y **Kitco** para las serie internacionales.

El contraste de raíces unitarias utiliza las pruebas aumentada de **Dickey y Fuller** y la prueba KPSS (1992)³¹ con e fin de determinar el orden de integración de las series analizadas. De esta forma, una vez estimado el orden de integración de las series, se puede determinar la posible existencia de relaciones de equilibrio de largo plazo en las variables a través de las pruebas de cointegración de **Johansen** (1990, 1992).

En la Tabla 26, se presentan los resultados de las pruebas de raíces unitarias para las variables P (precio interno del platino) y P* (precio externo del platino) en

³¹ Para mayor detalle de está prueba consultar **Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P., y Sin, Y.** (1992): **testing the null hypothesis of stationary against the alternative of a unit root: how sure are we that the economic time series have a unit root**, *journal of econometrics* 54.

niveles, logaritmos, primeras diferencias y diferencia de logaritmos, utilizando las pruebas mencionadas anteriormente.

Los resultados mostrados en la Tabla 26 indican que el nivel de precios interno y externo (P y P^*) del platino y los logaritmos (LP y LP^*) no son estacionarios, dado que no se pudo rechazar la hipótesis nula de la presencia de una raíz unitaria a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 26. Pruebas de raíz unitaria

Serie	Prueba de raíz unitaria			
	ADF	Valor crítico($\alpha:5\%$)	KPSS	Valor crítico($\alpha:5\%$)
Niveles				
P	-1.888	-3.090	0.132	0.146
P^*	-1.686	-3.087	0.094	0.146
Logaritmos				
LP	-1.588	-3.087	0.05	0.146
LP^*	-1.743	-3.087	0.07	0.146
Primera diferencia				
DP	-6.890	-3.090	0.187	0.146
DP^*	-7.438	-3.090	0.225	0.146
Diferencia de logaritmos				
DLP	-7.265	-3.090	0.500	0.146
DLP^*	-7.552	-3.090	0.225	0.146

Fuente: cálculos Geoamérica Ltda.

Por el contrario, para las primeras diferencias y diferencias de logaritmos se logro rechazar la hipótesis nula de la presencia de por lo menos una raíz unitaria, lo que implica que estas series son estacionarias y por tanto evidencia que las series en niveles y en logaritmos son integradas de orden (1), es decir que ambas presentan una raíz unitaria.

De acuerdo con el anterior resultado, se procedió a realizar la prueba de cointegración con el fin de determinar si las variables logaritmo de los precios internos y externos presentan una relación de equilibrio de largo plazo. La longitud del modelo VAREST utilizado en las pruebas de cointegración fue de cinco rezagos.

Los resultados de la prueba de **Johansen**, mostrados por la Tabla 27, indican que los logaritmos del índice de precios internos (LP) y externos (LP*) no están cointegrados³².

³² Bajo la hipótesis nula $H_0: r = 0$, las series no están cointegradas, las estadísticas de la traza y del máximo valor propio son menores que sus correspondientes valores críticos para un valor de significancia del 5%.

Tabla 27. Pruebas de Cointegración. Variables LP y LP*

Hipótesis (r: No. De vectores de cointegración)		Modelo con tendencia determinística lineal en las series		Modelo con tendencia determinística lineal en las series y en la cointegración	
Nula	Alternativa	Estadística*	Valor crítico	Estadística*	Valor crítico
			$\alpha: 5\%$		$\alpha: 5\%$
Basado en la traza de la matriz característica					
r = 0	r $\geq$ 1	6.808	15.41	13.526	30.45
r = 1	r = 2	1.704	3.76	3.987	16.26
Basado en el máximo valor propio					
r = 0	r $\geq$ 1	5.103	14.07	9.538	18.96
r = 1	r = 2	1.704	3.76	3.987	16.26

Fuente: cálculos Geoamérica Ltda.

El siguiente paso consiste en estimar un modelo VAR sobre las series transformadas mediante la diferencia de logaritmos, es decir en sus tasas de crecimiento, ya que la metodología VAR exige trabajar con series que son estacionarias o que son integradas de orden cero (0).

La Tabla 28 presenta los resultados de VAREST para las diferencias de orden (6) del logaritmo del índice de precios interno y externo, es decir para las inflaciones semestrales de las variables precio interno y externo del platino.

Como se observa, el modelo presenta un buen ajuste dado que el valor del R^2 es de 0.80, lo que quiere decir que cerca del 80% de la varianza del modelo se explica por el efecto conjunto de las variables inflación de precios del platino interna y externa. Adicionalmente, se encuentran parámetros estimados que son estadísticamente significativos y diferentes de cero, especialmente para el impacto que tiene la inflación externa del platino en el mes inmediatamente anterior, DLPEXT (-1), sobre si mismo y sobre la inflación interna del platino DLPINT. De igual forma es significativo el coeficiente estimado que acompaña a la variable inflación interna del platino rezagada un período, DLPINT (-1). Es importante resaltar el efecto significativo que produce la incorporación de una variable **dummy** que captura el efecto estacional mes a mes en el modelo. En efecto, el coeficiente estimado que acompaña a esta variable (**dummy**) resulto ser estadísticamente significativo y diferente de cero en la ecuación que explica la dinámica del precio externo, pero esta variable no es significativa en la ecuación del precio interno de platino. Esto implica que la evolución de los precios externos están afectados por un efecto de tipo sistemático y que se repite periódicamente en cada mes.

Tabla 28. Estimación del modelo VAREST para las variables precio interno y externo del platino

Vector Autoregresivo Estimado		
Fecha: 02/07/05 Hora: 15:40		
Muestra Utilizada: 1998:10 2004:12		
No. de Observaciones: 75 después de la estimación		
Endpoints		
Error estándar en () y Estadístico t en []		
	DLPEXT	DLPINT
DLPEXT(-1)	1.190611 (0.20554) [5.79268]	0.488398 (0.22037) [2.21626]
DLPEXT(-2)	-0.312221 (0.20638) [-1.51288]	-0.265385 (0.22127) [-1.19937]
DLPINT(-1)	-0.144653 (0.19802) [-0.73051]	0.669218 (0.21231) [3.15209]
DLPINT(-2)	0.122845 (0.18681) [0.65758]	0.053327 (0.20030) [0.26624]
C	0.004838 (0.00908) [0.53293]	0.008502 (0.00973) [0.87343]
DUMMY	0.056430 (0.02873) [1.96406]	0.033239 (0.03080) [1.07903]
Coeficiente de Determinación (R^2)	0.805349	0.840796
Coeficiente de Determinación Ajustado	0.791244	0.829260
Suma de residuos al cuadrado	0.302170	0.347359
Error estándar de la Ecuación Estimada	0.066176	0.070952
Estadístico F	57.09621	72.88146
Criterio de Máxima Verosimilitud	100.3641	95.13779
Criterio de AIC	-2.516376	-2.377008
Criterio de Schwarz SC	-2.330977	-2.191609
Promedio de la Variable Dependiente	0.056887	0.085561
Desviación estándar de la Variable Dependiente	0.144838	0.171711
Determinante de los Residuales		7.06E-06
Criterio de Máxima Verosimilitud		231.9411
Criterio de información Akaike		-5.865097
Criterio de información Schwarz		-5.494299

Fuente: cálculos Geoamérica Ltda.

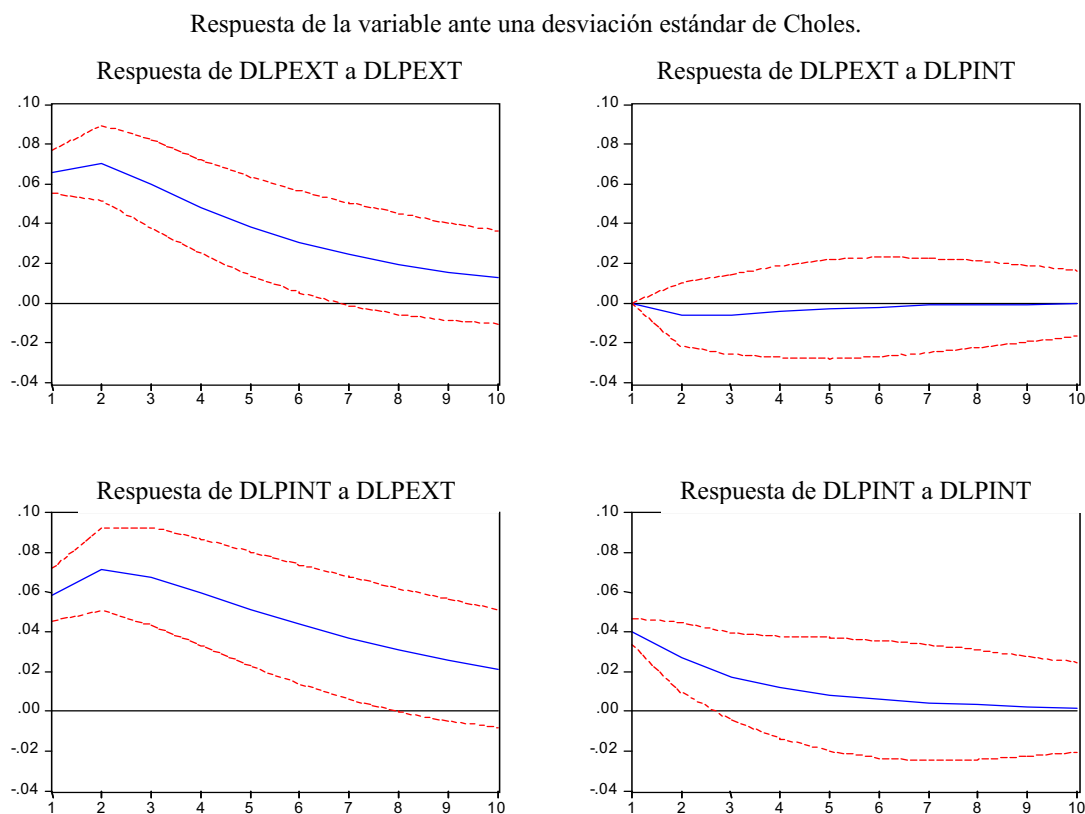
La longitud óptima de los rezagos seleccionados para estimar el VAREST fue de 2 y esta fundamentada por los valores de los criterios de información de **Akaike** y de **Schwartz**, cuyos valores de -2.51 y -2.33 respectivamente fueron los menores obtenidos comparados con el modelo para tres rezagos. Con el fin de verificar el comportamiento de ruido blanco de los residuos estimados del modelo, se llevo a cabo una prueba multivariada de **Portmanteau**³³, cuyos resultados sugieren que los residuos estimados del modelo VAREST se comportan como ruido blanco³⁴.

3) Funciones de impulso respuesta. La dinámica de los efectos de los choques exógenos o de las perturbaciones sobre los precios internos y externos del platino son reportados en la Gráfica 21. La Gráfica muestra que, los choques aleatorios tienen efectos dinámicos diferentes sobre las variables precio interno y externo del platino. Una perturbación básica derivada del mercado internacional del platino, genera un efecto significativo sobre el precio interno del platino (cuadrante 3 de la parte inferior) y es de naturaleza permanente, tomando cerca de 8 meses para estabilizarse e su nivel de largo plazo. Lo mismo sucede sobre la dinámica del precio externo cuando se ve afectado por el choque externo de mercado, es decir que tiene un efecto permanente y toma algunos meses para luego estabilizarse en su valor de largo plazo.

³³ Para mayor detalle de esta prueba ver **Lutkepohl** (1993).

³⁴ Los resultados sugieren un nivel optimo de dos rezagos para las variables diferencia del logaritmo del índice de precios internos y externos del platino. El valor de la estadística de **Ljung** y **Box** (1979) para estas series fue de 42.51 y la probabilidad respectiva fue de 0.363, lo que permite rechazar la hipótesis nula de que los residuos no son ruido blanco.

Gráfica 21. Funciones de impulso respuesta del modelo VAREST estimado.



Fuente: cálculos Geoamérica Ltda., con base en modelo VAREST estimado.

Los efectos de una perturbación no básica interna (mercado nacional) sobre los precios internos y externos no es significativa y son de naturaleza transitoria, es decir, se puede considerar estadísticamente que no existen efectos significativos y diferentes de cero. El primer resultado indica que un choque aleatorio suscitado en mercados internacionales, tiene efectos contemporáneos de naturaleza permanente sobre la senda de precios internos y externos de platino y que se estabilizan entre 6 y 8 meses después del choque. Lo anterior, sugiere que la dinámica mensual de los precios externos del platino inciden de manera

significativa sobre el comportamiento semestral de los precios internos del platino, sugiriendo un seguimiento mensual a la inflación de precios externos para inferir el comportamiento interno de los precios. El segundo resultado de choques de mercado interno no básicos, se puede interpretar como el efecto de choques transitorios que se dan en el mercado interno sobre los precios internos y externos del platino.

Para dar una idea de magnitud de la respuesta del precio interno, cuando se ve afectado por un choque en el mercado externo de platino, supongamos la existencia de un **shock** externo equivalente a una desviación estándar (igual a 0.058495 unidades). Este choque induce un aumento contemporáneo en el precio interno del platino de 0.040156 unidades en este mismo periodo. Después de un semestre, el choque en el precio externo dado por el mercado se encuentra 0.071466 unidades por encima del promedio, mientras que el precio interno esta 0.026873 unidades por encima de la media. La respuesta del precio interno al choque externo durante los siguientes semestres es decadente y tiende a estabilizarse a su valor de largo plazo.

En síntesis, el ejercicio de impulso respuesta mostrado por la Gráfica 21, sugiere que el seguimiento mensual del índice de precios externos del platino describe muy bien la trayectoria futura semestral de los precios internos del platino.

4) Descomposición de la varianza. Finalmente, la estimación del modelo VAREST nos permite determinar cuales serian los valores para los siguientes meses al interior del semestre que tomarían los precios internos y externos del platino cuando se presenta un **shock** equivalente a una desviación estándar en los precios internos y externos. La idea del ejercicio de la descomposición de la varianza es

explicar la proporción de los movimientos en una secuencia derivados de los choques propios de la variable frente a los choques generados por la otra variable. En la Tabla 29 se presenta el ejercicio de la descomposición de la varianza para el precio interno del platino, debido a un choque en el mercado externo y en el mercado interno.

Tabla 29. Descomposición de la varianza del modelo VAREST

Descomposición de la varianza de DLPEXT			
Período	S.E	DLPEXT	DLPINT
1	0.066176	100.00	0.00
2	0.096743	99.63	0.36
3	0.113947	99.47	0.52
4	0.123864	99.43	0.56
5	0.129759	99.42	0.57
6	0.133360	99.44	0.55
7	0.135605	99.45	0.54
Descomposición de la varianza de DLPINT			
Período	S.E	DLPEXT	DLPINT
1	0.070952	67.96	32.03
2	0.104230	78.50	21.49
3	0.125500	83.27	16.72
4	0.139483	85.76	14.23
5	0.148845	87.19	12.80
6	0.155185	88.08	11.91
7	0.159505	88.65	11.35

DLPEXT: variación precio externo

DLPINT: variación precio interno

S.E: error estándar

Fuente: estimaciones Geoamérica Ltda.

Según los resultados del cuadro, el análisis de descomposición de la varianza se realiza en un horizonte de 7 semestres. De esta forma, el efecto del choque en el mercado externo del platino explica todos los errores de pronóstico de la varianza de su propio precio desde el semestre 1 hacia adelante y explica el 99.45% del error de pronóstico de la varianza hasta el sexto semestre después de haberse presentado el choque externo. No obstante, la explicación del error de la varianza derivado del choque externo es menor para el precio interno del platino, pues hasta el sexto semestres después del choque explica solo el 55.9%.

En conclusión, el uso de un modelo de vectores autorregresivos estructurales (VAREST) como el que aquí se ha desarrollado, refleja de una manera apropiada el comportamiento futuro del índice de precios interno del platino y se constituye en un buen instrumento de seguimiento semestral en el mercado. Por otro lado, debido a la característica de parsimonia que caracteriza al modelo VAREST y por el hecho de que no involucra un número excesivo de variable, lo hacen fácilmente aplicable.

5 ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN NACIONAL

5.1 POTENCIAL PLATINÍFERO DE COLOMBIA

Colombia es conocida por su potencial platinífero, principalmente por los depósitos de origen aluvial, distribuidos al occidente de la Cordillera Occidental.

De acuerdo con la literatura y la información colectada en campo, es de los depósitos de aluviones cuaternarios de donde se explota el platino.

Una gran controversia se ha suscitado en torno a la génesis de los elementos del grupo del platino. Esta discusión es importante aclarar ya que permitiría considerar la idea más consistente en cuanto al origen y emplazamiento en los cuerpos ultramáficos (portadores primarios del platino) en la Cordillera Occidental.

Se conoce por estudios geológicos, que la Cordillera Occidental es un terreno acrecionado de rocas metavolcánicas, metasedimentarias, cuerpos ultramáficos e intrusiones porfiríticas, cuya formación ha sido debatida hasta el momento (Figuras 5 y 6). Las diferencias se han suscitado en torno a su mecanismo de formación.

En el trabajo de Etayo - Serna (1983) se menciona que la Cordillera Occidental esta dividida en tres terrenos: terreno Cauca – Romeral, terreno Dagua y terreno Cañasgordas. Todos estos terrenos tienen un origen común, relacionado con la presencia de arcos de islas (Barrero, 1979). Barrero sostiene que el complejo ultramáfico de Bolívar, es un complejo ultramáfico zonado, el cual se emplazó

directamente sobre la corteza oceánica y llegó a la superficie por medio de un proceso de acreción (Barrero, 1979).

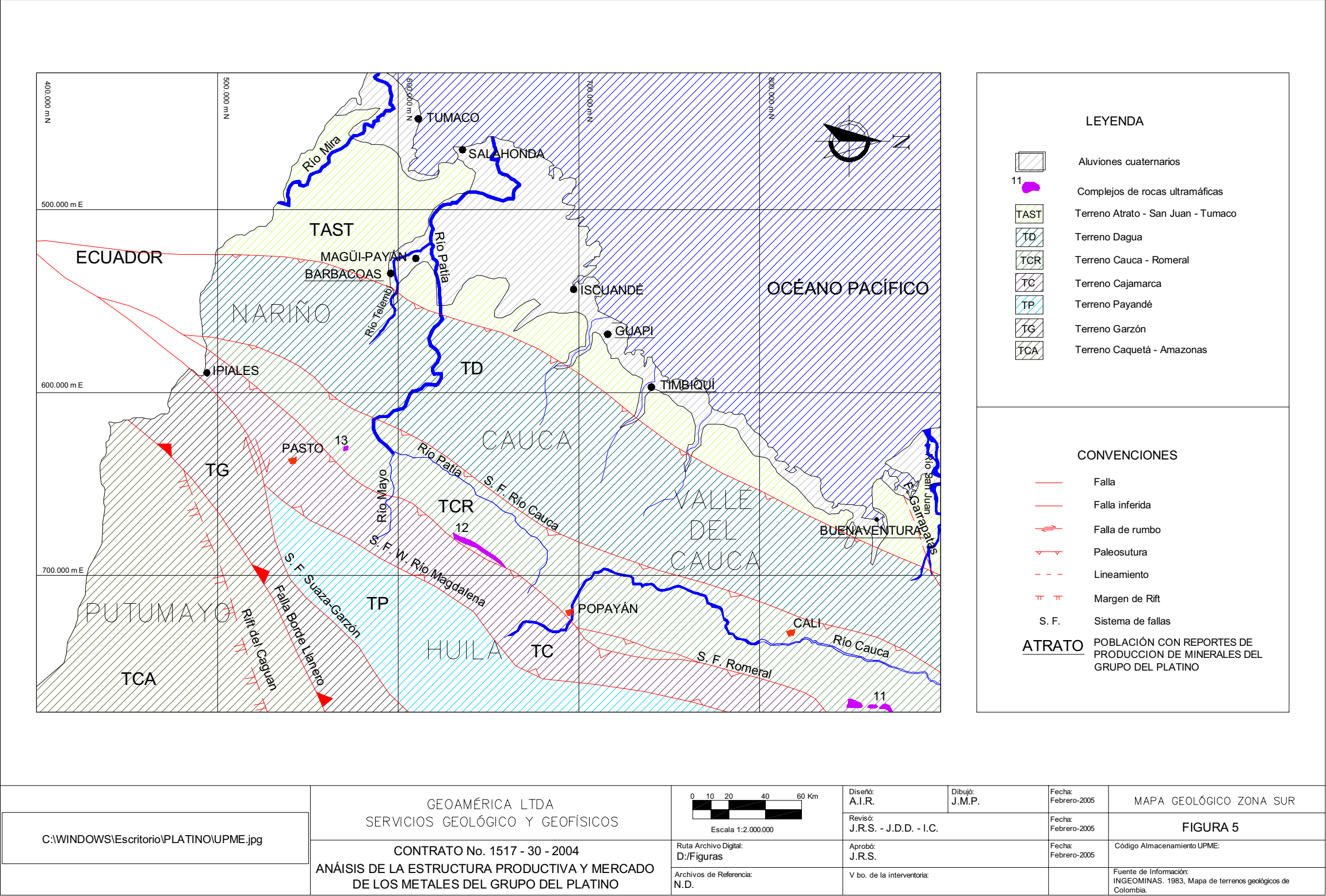
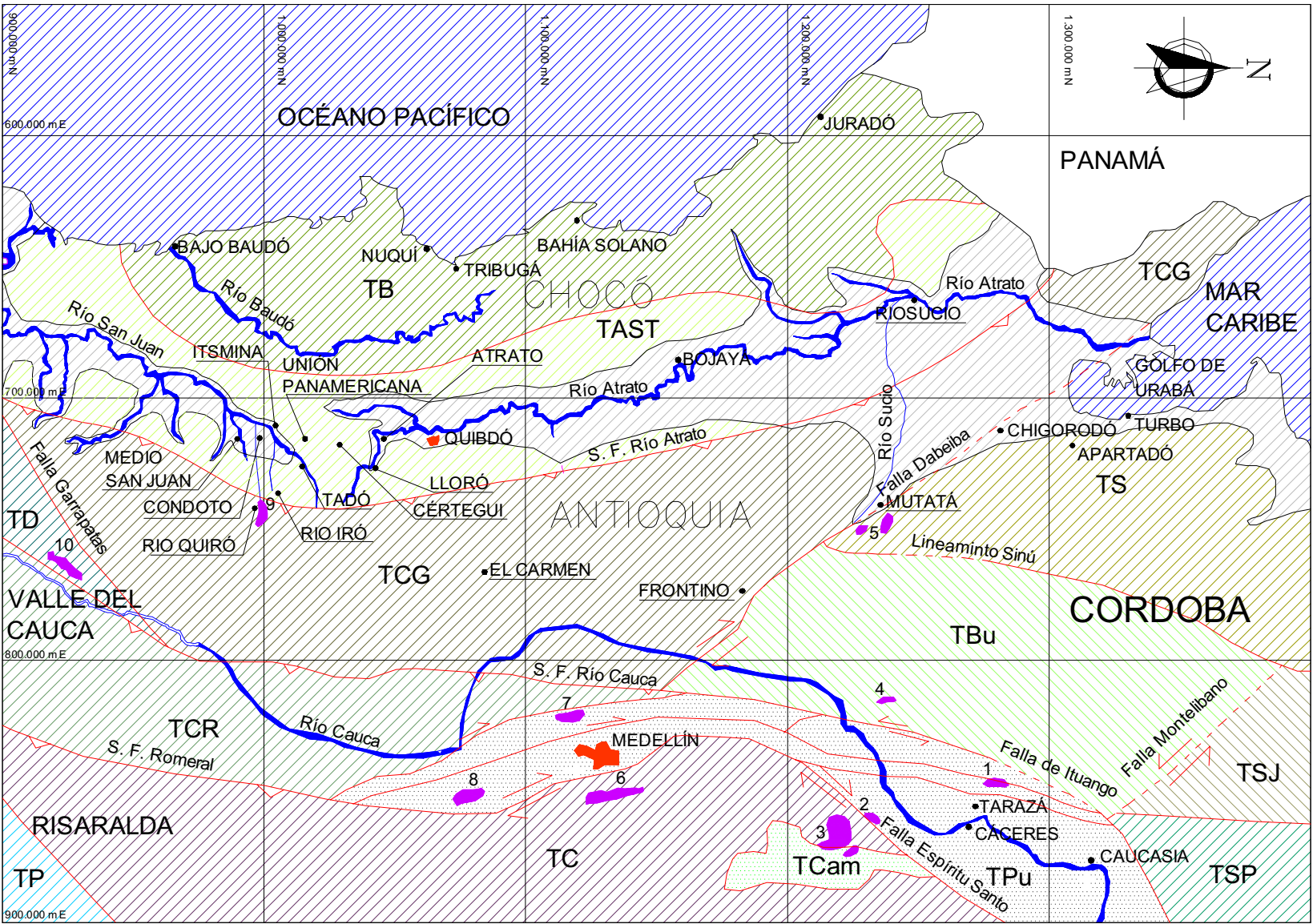


Figura5.



LEYENDA

[Symbol]	Aluviones cuaternarios
[Symbol]	Complejos de rocas ultramáficas
TB	Terreno Baudó
TAST	Terreno Atrato - San Juan - Tumaco
TCG	Terreno Cañasgordas
TS	Terreno Sinú
TBU	Terreno Buriticá
TSJ	Terreno San Jacinto
TSP	Terreno San Jorge - Plato
TPu	Terreno Puqui
TP	Terreno Payandé
TC	Terreno Cajamarca
TD	Terreno Dagua
TCR	Terreno Cauca - Romeral
TCam	Terreno Campamento

CONVENCIONES

[Symbol]	Falla
[Symbol]	Falla inferida
[Symbol]	Falla de rumbo
[Symbol]	Paleosutura
[Symbol]	Lineamiento
S. F.	Sistema de fallas
ATRATO	POBLACIÓN CON REPORTES DE PRODUCCION DE MINERALES DEL GRUPO DEL PLATINO

En el trabajo de **Toussaint** y Restrepo (1989) se postula que los Andes colombianos son una agrupación de "bloques exóticos" denominados terrenos, que se han unido desde hace 250 millones de años. El terreno Calima, como lo denominan estos autores es el que conforma gran parte de la Cordillera Occidental, y está constituido por rocas cretácicas de corteza oceánica, algunas de éstas formadas en un ambiente típico de arcos de islas (como las rocas volcánicas y sedimentarias de la formación Barroso y el grupo Diabásico).

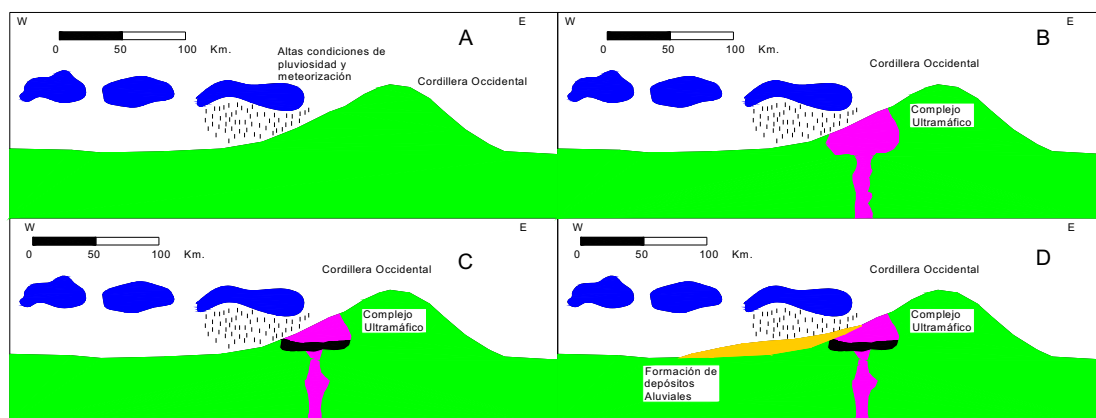
En la teoría de Nivia (**Kerr et al.**, 1996), se postula que las rocas volcánicas de la Cordillera Occidental son una secuencia máfica formada en el Cretáceo Tardío. Las características geoquímicas encontradas en estas rocas son muy diferentes a las formadas en arcos de islas o cuencas marginales, lo cual difiere de la teoría postulada por Barrero (1979). Dichas rocas volcánicas serían parte de un **plateau** oceánico formado en el Cretácico, el cual, al poseer demasiado espesor y flotabilidad para ser subducido es obducido y acrecionado al continente (**Kerr et al.**, 1996). Nivia (1996), explica la aparición de rocas ultramáficas en el borde oriental de la Cordillera Occidental (complejo ultramáfico de Bolívar), asumiendo que estas rocas constituirían la base de la corteza oceánica, la cual aflora en forma de cuñas gracias a procesos de obducción e imbricación.

De acuerdo con los trabajos analizados, el origen del platino está relacionado con rocas ultramáficas, las cuales son emplazadas tectónicamente en la Cordillera Occidental como producto del choque de un **plateau** oceánico con la placa Suramericana, según Nivia (1996) y **Kerr et al** (1996), o por intrusiones en la corteza oceánica de acuerdo con Barrero (1979). El trabajo de **Tistl** (1994) muestra que las mineralizaciones de platino están relacionadas con cuerpos ultramáficos zonados, zonación que sustenta una intrusión ultramáfica. Análisis realizados hasta la fecha, de cuerpos ultramáficos emplazados tectónicamente,

como el de Bolívar, no reportan contenidos de platino (Nivia 1996). Por tanto se podría pensar que los trabajos de tipo exploratorio para el hallazgo de yacimientos primarios de minerales del grupo del platino (MGP), deberían estar enfocados a la búsqueda de complejos ultramáficos zonados.

Por otro lado, la formación de yacimientos secundarios al occidente de la Cordillera Occidental se vio favorecida por las condiciones de intemperismo actuantes en la región, la composición mineralógica de los cuerpos ultramáficos y la alta pendiente y capacidad de carga de la red hidrológica, así como la presencia de una gran cuenca de sedimentación (Figura 7).

Figura 7. Esquema de condiciones para la acumulación de los MGP en el occidente colombiano.



Fuente: Geoamérica Ltda.

5.1.1 Marco geológico.

Considerando las condiciones geológicas, geoquímicas y estructurales necesarias para la concentración de los MGP, en Colombia la zona que puede tener interés es la Cordillera Occidental y el occidente de la misma hasta la Costa Pacífica, que

conforman los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y en particular el Chocó, por la presencia de cuerpos ultramáficos zonados.

5.1.1.1 Departamento de Nariño.

En este departamento existe actualmente un gran potencial aurífero de aluvión, en especial en las localidades de Barbacoas, Magüí, y Roberto Payán, pero en cuanto a la concentración de platino, su potencial es bajo. Las rocas que generan el aluvión enriquecido en oro son las pertenecientes al grupo Dagua, las cuales son rocas metasedimentarias, metavolcánicas y algunos intrusivos porfiríticos de composición ácida a intermedia (Arango y Ponce, 1982).

Solo en el municipio de El Tambo (margen oriental de la Cordillera Occidental), se tiene conocimiento de la presencia de un cuerpo Ultramáfico, al cual no se le han hecho estudios para mejorar su conocimiento.

5.1.1.2 Departamento del Cauca.

El departamento del Cauca posee un gran potencial aurífero pero poco de platino. En la vertiente occidental de la Cordillera Occidental no existen muchos estudios de cartografía geológica y tampoco se reporta la presencia de cuerpos ultramáficos. El único cuerpo ultramáfico reportado es el del complejo ultramáfico de Los Azules, pero éste se ubica en la estribación occidental de la Cordillera Central (Marín y Paris, 1979).

5.1.1.3 Departamento del Valle del Cauca.

En esta zona existen más estudios geológicos y no se reporta la presencia de cuerpos ultramáficos en el sector occidental. Se ha cartografiado el complejo ultramáfico de Bolívar, el cual es una secuencia de rocas máficas a ultramáficas, que afloran en el flanco oriental de la Cordillera Occidental y el Macizo Ofiolítico de Ginebra, de forma, limitado por fallas y conformado como peridotitas, dunitas, gabros y basaltos, ubicado en la estribación occidental de la Cordillera Central (Ingeominas, 1992).

5.1.1.4 Departamento de Antioquia.

Existen cuerpos ultramáficos distribuidos por todo el departamento y su origen está relacionado con eventos tectónicos. Estos cuerpos ultramáficos pertenecen a las denominadas ultramafitas de Romeral, asociadas a la zona tectónica de Romeral, que forman el Cinturón Ofiolítico del mismo nombre (Álvarez, 1983). Está constituido por rocas ultramáficas asociadas con gabros y lavas básicas de afinidad ofiolítica, que conforman el complejo ofiolítico del Cauca. El Cinturón Ofiolítico de Romeral y el Complejo Ofiolítico del Cauca están constituidos por peridotitas y dunitas y eventualmente asociadas con gabros y lavas básicas. La ausencia de depósitos secundarios en la región obedece principalmente a la ausencia de una amplia cuenca de sedimentación (González, 2000).

5.1.1.5 Departamento del Chocó.

Es el departamento con mayor expectativa para la explotación de los MGP. En el borde occidental de la Cordillera Occidental existen rocas de composición ultrabásica como las rocas del complejo Viravira, las cuales se encuentran intercaladas con rocas volcánicas komatiíticas y sedimentarias; así como rocas del

complejo ultramáfico del Alto Condoto, constituido por un núcleo de dunita con variación hacia los bordes de werlita, clinopiroxenita y clinopiroxenita olivínica. Estas son rocas dispuestas en cúmulos y presentan una variación textural frecuentemente pegmatítica (**Salinas & Tistl**, 1991). El hecho que sean cúmulos, que se encuentren en una zona de alto intemperismo, que da origen a la meteorización y la erosión rápida de las rocas ultramáficas, así como las condiciones para su sedimentación. Una zona de alto interés es la zona de Riosucio, al norte del departamento. Hacia el occidente del departamento existe el Cuerpo Ultramáfico de Mutatá, que forma parte de la cuenca del Río Riosucio (afluente del Río Atrato), y considerando que este último se encuentra en una zona de alto intemperismo puede ser un objetivo para la exploración de yacimientos secundarios de MGP (**Cossio**, 1994).

5.1.2 Complejos ultramáficos como fuente primaria de los metales del grupo del platino (MPG).

Las rocas máficas y ultramáficas son el principal constituyente de yacimientos primarios de MGP, debido a que en su mineralogía (olivino, piroxenos, óxidos de cromo y sulfuros), los elementos que se pueden albergar tienen principalmente un radio iónico pequeño, similar al de los MGP (**Rollinson**, 1993).

La mayoría de los placeres platiníferos de los sitios visitados son el producto de la meteorización, erosión y sedimentación de rocas máficas y ultramáficas, principalmente localizadas en la Cordillera Occidental (Figuras 5 y 6), aunque en Antioquia también se han reportado placeres provenientes de la desintegración de las rocas ultramáficas de la Cordillera Central (Salinas & Muñoz, 1992).

En trabajos anteriores se describe la génesis de los placeres auroplatiníferos de los Ríos Condoto y San Juan, en la teoría conocida con el nombre de **Big Flat** (gran llanura). Dicha teoría sustenta que el **Big Flat** es una gran llanura generada en el Terciario, la cual generó el Río Condoto al salir de su valle y desembocar al Río San Juan, donde los materiales que conforman dichos depósitos aluviales son el producto de la meteorización de rocas metaígneas, metasedimentarias y ultramáficas (Múnera & Murillo, 2003).

Gracias a la cooperación con la República de Alemania se pudo realizar un estudio con relación al origen de los MGP en Colombia. Los dos objetivos principales de este estudio fueron: localizar la roca fuente de los MGP y elaborar las pautas para la metodología de exploración de estos elementos. La zona de estudio estuvo localizada en el departamento del Chocó, específicamente en los Ríos Condoto e Iró (Ingeominas, 1990).

En esta zona se identificaron cuerpos de composición ultramáfica como posibles zonas para la formación de los MGP. Estos cuerpos son las rocas ultramáficas de los Complejo Viravira y Ultramáfico del Alto Condoto (cuerpos en los que se identificaron trazas de platino) (Ingeominas, 1990). Los estudios efectuados a los fragmentos de platino de este complejo comparados con los encontrados en los placeres indican que estos últimos provienen de la erosión de los complejos ultramáficos zonados (**Tistl**, 1994).

En ese trabajo también se describieron los niveles de terrazas y los depósitos aluviales de los Ríos San Juan, Condoto e Iró. Las terrazas están constituidas por clastos de rocas volcánicas, sedimentarias y en algunos niveles se reporta la presencia de clastos de rocas ultramáficas como en el caso de la mina la libra, cercana al Río Condoto (García, 1992). En esta mina existen niveles con un

contenido de rocas ultramáficas que excede el 15 % y de cuya meteorización pudo haberse liberado los elementos del grupo del platino.

5.2 PRODUCCIÓN NACIONAL

5.2.1 Generalidades.

Para un mejor entendimiento de la producción del platino en Colombia, la zona productiva se ha dividido en tres regiones a saber: la región Pacífico Sur comprendida entre los límites con el Ecuador al sur y la falla de garrapatas al norte y entre la zona de falla de Romeral al oriente y el Océano Pacífico al occidente. Comprende municipios de los departamentos de Nariño Cauca y Valle del Cauca (Figuras 5 y 8). La región Pacífico Norte comprendida entre la falla de Garrapatas al sur y los límites con Panamá al norte y entre el sistema de falla del Río Atrato al oriente y el Océano Pacífico al occidente (Figuras 6 y 9). La región occidental de los departamentos de Antioquia y Córdoba comprendida entre la falla de garrapatas al sur y la falla de Montelibano al norte y entre el sistema de falla del Río Atrato al occidente y el sistema de falla de Romeral al oriente (Figuras 6 y 9).



CONVENCIONES

 CAPITAL DE DEPARTAMENTO

 CABECERA MUNICIPAL

ATRATO  POBLACIÓN CON REPORTES DE PRODUCCION DE MINERALES DEL GRUPO DEL PLATINO

 LÍMITE DEPARTAMENTAL

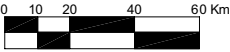
 CARRETERA PAVIMENTADA

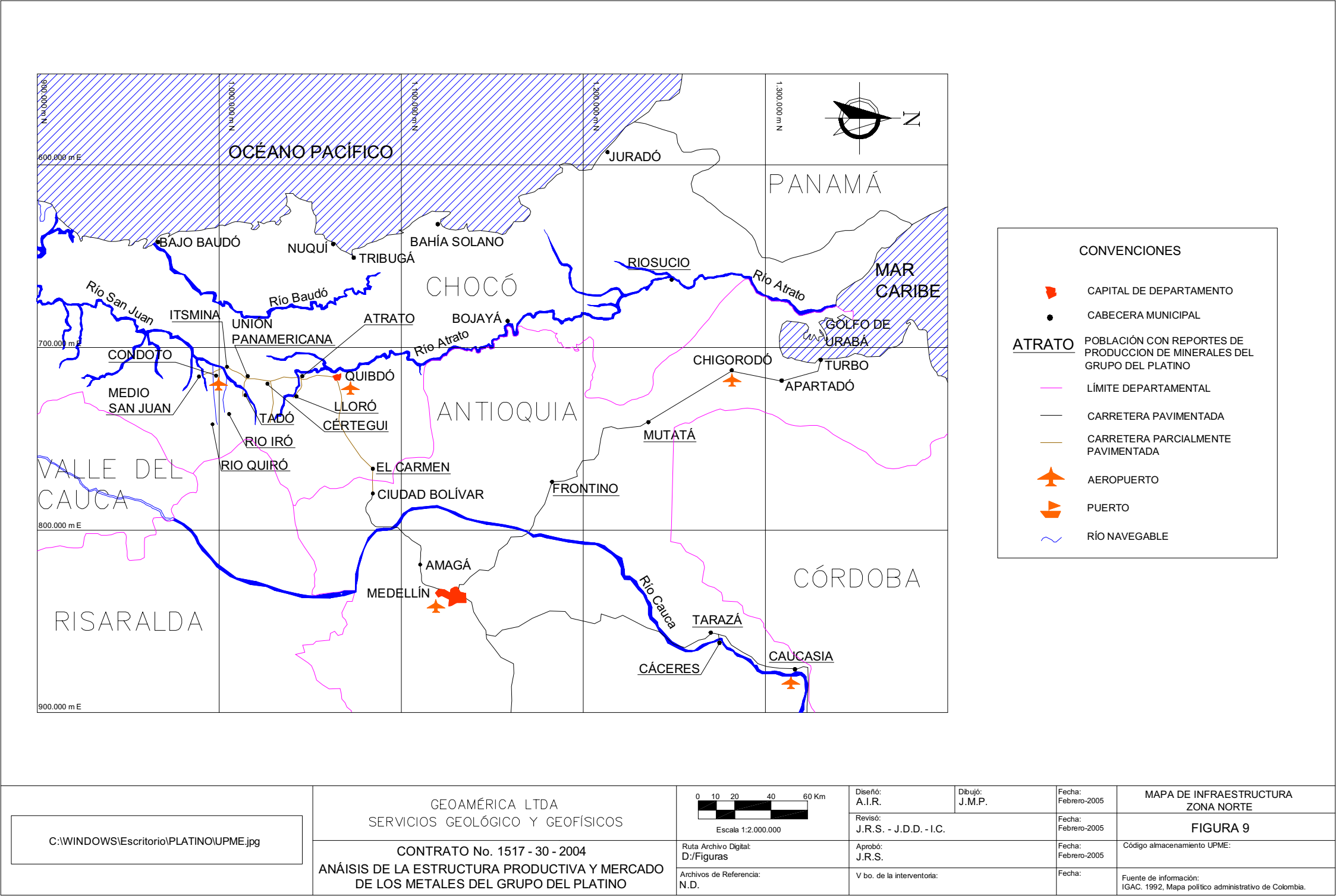
 CARRETERA DESTAPADA

 AEROPUERTO

 PUERTO

 RÍO NAVEGABLE

C:\WINDOWS\Escritorio\PLATINO\UPME.jpg	GEOAMÉRICA LTDA SERVICIOS GEOLÓGICO Y GEOFÍSICOS	 Escala 1:2.000.000	Diseñó: A.I.R.	Dibujó: J.M.P.	Fecha: Febrero-2005	MAPA DE INFRAESTRUCTURA ZONA SUR
			Revisó: J.R.S. - J.D.D. - I.C.		Fecha: Febrero-2005	FIGURA 8
	CONTRATO No. 1517 - 30 - 2004 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO	Ruta Archivo Digital: D:/Figuras	Aprobó: J.R.S.		Fecha: Febrero-2005	Código almacenamiento UPME:
		Archivos de Referencia: N.D.	V bo. de la interventoría:		Fecha:	Fuente de información: IGAC. 1992, Mapa político administrativo de Colombia.



La mayor parte de la producción de platino está concentrada en la zona Pacífico Norte en el departamento del Chocó en los municipios de Tadó, Istmina, Condoto, Sipí y Novita, los cuales han producido más del 80% de la producción nacional registrada durante la última década.

En la zona Pacífico Sur la producción es muy baja y esta concentrada en el departamento de Nariño en los municipios de Barbacoas y Roberto Payán.

En la zona occidental de los departamentos de Antioquia y Córdoba la producción es despreciada por los mineros que extraen oro de los sedimentos aluviales asociados a las riberas de los ríos.

La minería para la explotación de platino se puede dividir en tres tipos a saber: el barequeo, el cual consiste en la extracción de platino y oro por medios manuales sin ninguna ayuda de maquinaria o medios mecánicos, solo con la ayuda de bateas; la minería semimecanizada la cual extrae platino con la ayuda de draguetas y motobombas de pocos caballos de fuerza, es trashumante y normalmente asociada a la minería por barequeo; y la minería mecanizada, la cual emplea maquinaria pesada como retroexcavadoras, volquetas, tolvas, canalones y posee una infraestructura consistente de un campamento de paredes en tabla y tejas de zinc, planta eléctrica, cambuche para cocina y comedor y un incipiente acueducto.

En la actualidad la extracción de platino tiene una componente legal asociada a los barequeros, ya que esta actividad es permitida de acuerdo con lo estipulado en los artículos 155 a 158 de la ley 685 de 2001 Código de Minas y una ilegal relacionada con la obtención de platino de la minería mecanizada.

A la minería por barequeo se dedica un alto porcentaje de la población de las zonas productoras de platino que habitan las áreas rurales y urbanas de los municipios visitados. De acuerdo con las observaciones de campo la actividad esta liderada principalmente por mujeres que en muchos casos son cabeza de familia y a las cuales se les suman niños desde los 7 años de edad hasta adultos mayores.

Actualmente existe un **auge** de la minería mecanizada por parte de pequeños inversionistas de departamentos diferentes al Chocó, que desarrollan su actividad de manera ilegal, causando gran deterioro al medio ambiente y colocando en condiciones muy desfavorables a las comunidades nativas. Las encuestas realizadas a estos mineros indican que la dificultad para obtener la licencia ambiental es la causa principal para que exista permisividad a la ilegalidad por parte de autoridades municipales las cuales son sobornadas por un lado, y por el otro están interesadas en recibir las regalías por el metal declarado para lo cual han tratado de introducir controles en la población, en las veredas y en los aeropuertos. Las leyes de negritudes y de indígenas es violada realizando una negociación a espaldas de las autoridades con los negros o indígenas que tienen posesión de los terrenos a los cuales les dan como contraprestación un pequeño porcentaje de la producción y le dejan el terreno explotado sin la restauración apropiada, terrenos que no pueden ser utilizados posteriormente en labores agrícolas ni ganaderas.

Fotografía 12 del Anexo Fotográfico. Extracción artesanal de oro (barequeo). En la Fotografía se hace evidente que la actividad es liderada por mujeres.



Fuente: Geoamérica Ltda.

La comercialización en las zonas de producción se realiza utilizando las medidas de peso de la época de la Colonia, las cuales se hacen en balanzas viejas de contrapeso (Fotografía 1). Las medidas más utilizadas son: el castellano, el tomín, el quilate, el grano y la onza troy, cuya equivalencia en gramos se presenta en la Tabla 30.

Fotografía 1. Sistema de pesada de metales preciosos por medio de balanzas de contrapeso.



Fuente: Geoamérica Ltda.

Tabla 30. Equivalencia de pesos en gramos.

Medida	Equivalente en gramos
Castellano	4,6025
Tomín	0,591
Quilate	0,19972
Grano	0,0499
Onza Troy	31,03483

Fuente: **sizes**, 2005.

5.2.2 Productores.

La producción nacional de platino esta dada por tres tipos de minería, que implican una posición social, emplean técnicas diferentes y actúan frente al medio ambiente y la normatividad de manera diferente. Los perfiles de estos grupos se describen de manera breve a continuación.

5.2.2.1 Barequeo.

Es la base de la cadena productiva de los metales preciosos cuya extracción se hace en forma artesanal y rudimentaria. Los barequeros solo producen lo necesario para subsistir. En esta labor miles de personas principalmente de raza negra y sexo femenino concentran el oro y el platino contenido en los aluviones recientes con la ayuda de una batea.

Las condiciones económicas de estos productores son muy precarias y muy vulnerables a los peligros inherentes a la actividad y a las enfermedades de la región. Según estos productores la ayuda para este sector debería estar enfocada a la consecución de créditos con facilidad y a recibir asesoría técnica para poder hacer una minería técnica, económica, social y ambientalmente sostenible.

Fotografía 5. Barequeros trabajando en un frente de explotación abierto por mineros mecanizados.



Fuente: Geoamérica Ltda.

5.2.2.2 Minería semimecanizada.

La realiza un minero que tiene maquinaria de poca capacidad destinada a la labor minera. Estas personas utilizan esencialmente motobombas y draguetas pequeñas con las cuales lavan los sedimentos activos, de los principales ríos y son competencia directa de los barequeros dado que explotan las mismas fuentes.

Fotografía 16, del Anexo Fotográfico. Barequeros del bajo Cauca antioqueño explotando oro en la ribera del Río Cauca.



Fuente: Geoamérica Ltda.

5.2.2.3 Minería mecanizada.

Este tipo de minería cuenta con más recursos para la explotación. Las zonas de explotación corresponden a paleoaluviones cuaternarios, para lo cual se requiere de todo un conjunto de herramientas tales como motobombas, tolvas y retroexcavadoras, trabajando simultáneamente en el frente de explotación. La visión de este productor es mucho más comercial y sus prioridades son la adquisición de metales en forma rápida, sin importar los costos sociales y ambientales.

Fotografía 6. Excavación minera mecanizada con varias retroexcavadoras operando. El impacto ambiental es muy fuerte.



Fuente: Geoamérica Ltda.

5.2.3 Producción platinífera en zonas con potencial.

Para poder realizar los estimativos de la producción de las regiones, que de acuerdo con su fisiografía, geología, calidad y forma de comercialización del platino se dividió la zona de producción del país, se realizaron comisiones de campo entre el 17 y el 29 de enero de 2005 a cargo de 5 geólogos, quienes recorrieron todo el occidente del país realizando encuestas a los diferentes actores de la cadena productiva del platino y entrevistas al las autoridades de los diferentes municipios. La información colectada fue complementada con información secundaria copilada en las diferentes instituciones del orden nacional y analizada por el director del

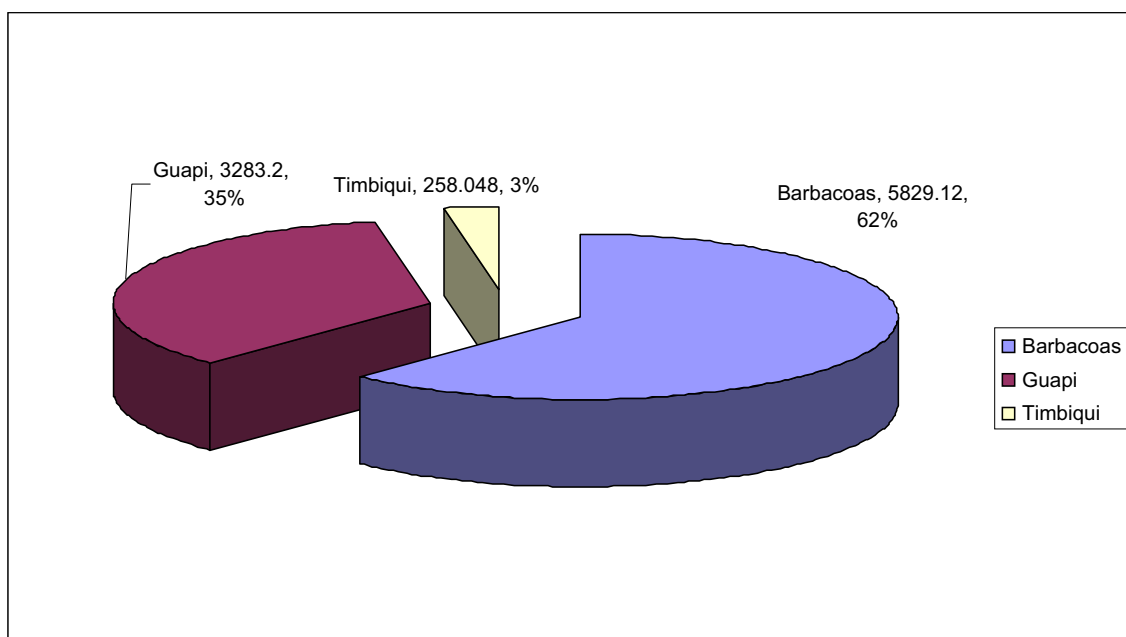
proyecto y los economistas y geólogos que participaron en el estudio. La Tabla 31 muestra el consolidado de la producción estimada en este trabajo la cual asciende a 3.179.730,53 gramos por año promedio durante el último lustro y que comparada con las que arrojan las cifras oficiales de 618.417 gramos por año promedio durante el último lustro resulta ser cinco veces mayor.

Tabla 31. Consolidado de la producción nacional diaria anualizada de platino.

Región	Municipio	Unidades Mineras	Unidades mineras	Producción diaria por unidad minera (Pt+Au)	Porcentaje de platino %	Producción diaria de platino por unidad minera	Producción diaria total de platino	Producción Diaria-Mensualizada de Platino Total (g)	Producción diaria anualizada de platino
Pacífico sur	Barbacoas	Barequeros	300.00	0.80	4.00	0.03	9.60	230.40	2.764.80
		Entable Min.	2.00	133.00	4.00	5.32	10.64	255.36	3.064.32
	Guapi	Barequeros	190.00	0.80	4.00	0.03	6.08	145.92	1.751.04
		Entable Min.	1.00	133.00	4.00	5.32	127.68	1.532.16	
	Timbiqui	Barequeros	28.00	0.80	4.00	0.03	0.90	21.50	258.05
Subtotal			521.00	53.68	4.00	2.15	32.54	780.86	9.370.37
Pacífico norte	Condoto	Barequeros	2.000.00	0.60	75.00	0.45	898.50	21.564.00	258.768.00
		Entable Min.	50.00	76.71	75.00	57.53	2.876.63	69.039.00	828.468.00
	Tado	Barequeros	9.000.00	0.60	60.00	0.36	3.234.60	77.630.40	931.564.80
		Entable Min.	20.00	76.71	60.00	46.03	920.52	22.092.48	265.109.76
	Istmina	Barequeros	1.885.00	2.00	40.00	0.80	1.505.74	36.137.71	433.652.54
		Entable Min.	7.00	76.79	40.00	30.72	215.01	5.160.29	61.923.46
	Unión Panamericana	Barequeros	500.00	1.66	30.00	0.50	249.00	5.976.00	71.712.00
		Entable Min.	11.00	127.98	30.00	38.39	422.33	10.136.02	121.632.19
	Lloro	Barequeros	2.600.00	0.60	3.00	0.02	46.72	1.121.33	13.455.94
		Entable Min.	2.00	4.60	3.00	0.14	0.28	6.62	79.49
	Yuto	Barequeros	1.500.00	0.26	4.00	0.01	15.60	374.40	4.492.80
		Entable Min.	3.00	110.40	4.00	4.42	13.25	317.95	3.815.42
	Bagado	Barequeros	480.00	0.60	4.00	0.02	11.52	276.48	3.317.76
		Barequeros	800.00	0.60	60.00	0.36	288.00	6.912.00	82.944.00
	Iro	Entable Min.	4.00	110.00	60.00	66.00	264.00	6.336.00	76.032.00
		Barequeros	1.000.00	0.60	5.00	0.03	30.00	720.00	8.640.00
	Río Quito	Barequeros	80.00	0.60	4.00	0.02	1.92	46.08	552.96
		Sipi	270.00	0.60	5.00	0.03	8.10	194.40	2.332.80
Subtotal			20.212.00	32.88	31.22	13.66	11.001.72	264.041.16	3.168.493.92
Occidente de Antioquia	Taraza	Barequeros	40.00	1.20	3.00	0.04	1.44	34.56	414.

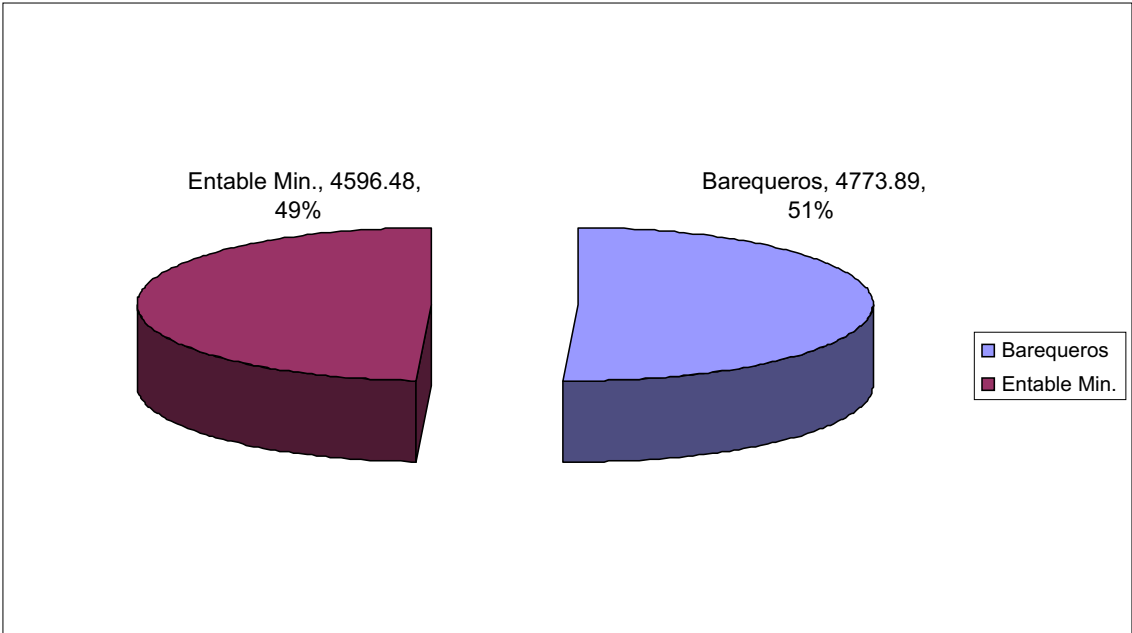
Las Gráficas 22, 23 y 24 indican que Barbacoas es el mayor productor de esta zona con el 62% mientras que la producción de Timbiqui corresponde al 3% del total y que Guapi produce el 35% restante de la producción de esta región. Desde el punto de vista social en la región hay 518 barequeros que producen en el año 4.773,89 gramos aproximadamente, lo que representan el 51% de la producción total y 3 entables mineros que producen 4.596,48 gramos que representan el 49% de la producción.

Gráfica 22. Producción diaria anualizada de platino por municipio en gramos y porcentual para la zona Pacífico Sur.



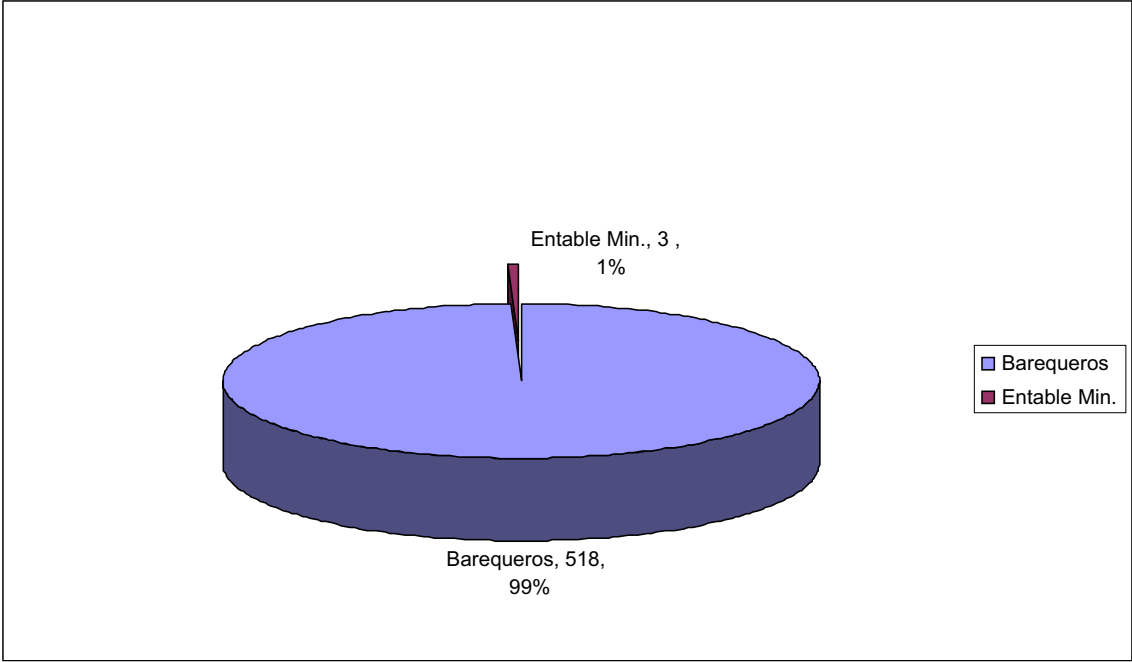
Fuente: Geoamérica Ltda.

Gráfica 23. Producción diaria anualizada por agente productor en gramos y porcentual para la región Pacífico Sur.



Fuente: Geoamérica Ltda.

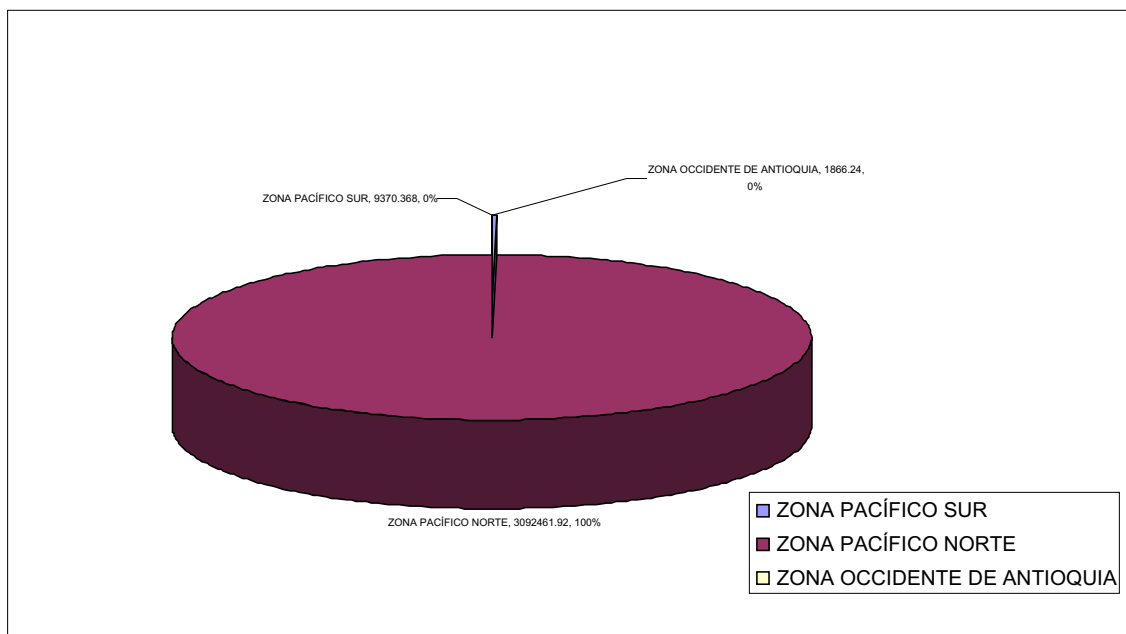
Gráfica 24. Distribución por tipos de agente productor de platino en la región Pacífico Sur cuantitativo y porcentual.



Fuente: Geoamérica Ltda.

La Gráfica 23 indica que esta región produce 9.370.38 gramos que nos son significativos en la producción nacional total diaria anualizada.

Gráfica 25. Producción nacional de platino diaria anualizada por regiones geográficas en gramos y porcentual.



Fuente: Geoamérica Ltda.

5.2.3.2 Región Pacífico Norte.

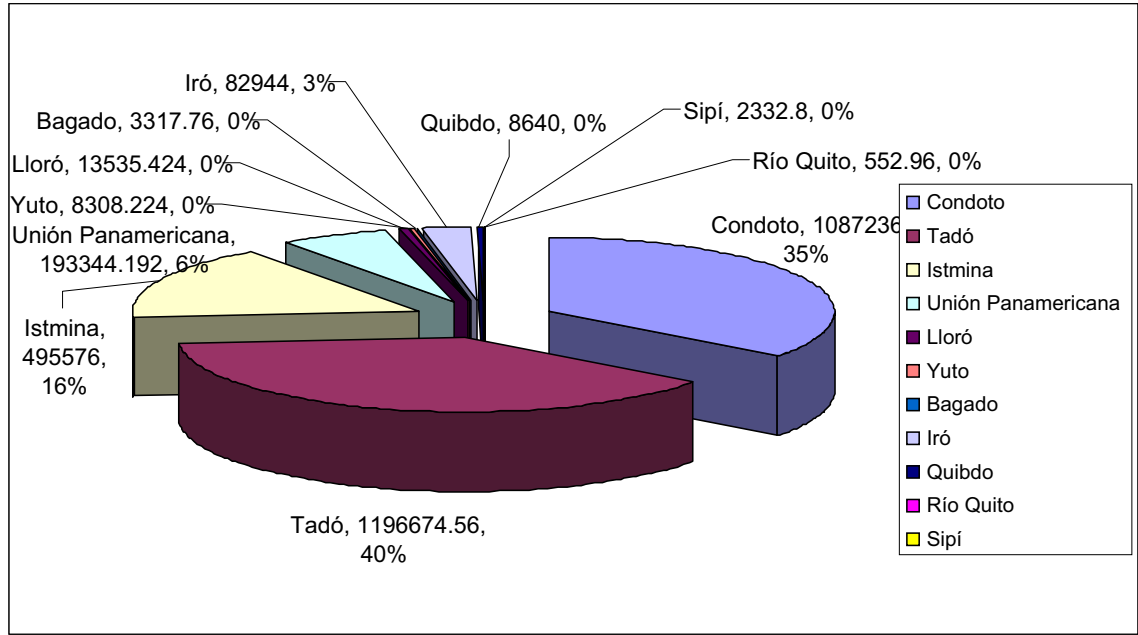
Esta región tiene como municipios productores a Condoto, Tadó, Istmina, Unión Panamericana, Lloro, Yuto, Bagado, Iró, Quibdo, Río Quito y Sipí. Localizados como se muestra en la Figura 9.

La Gráfica 26 muestra la participación en la producción de los municipios de esta región, notándose que los mayores productores son los municipios de Condoto (35%) y Tadó (40%).

Desde el punto de vista social en la zona hay 20.115 barequeros que producen en el año 1.811.433,6 gramos que representan el 57% de la producción y 97 entables mineros que producen 1.357.060,32 gramos que representan el 43% de la producción (Gráficas 27 y 28).

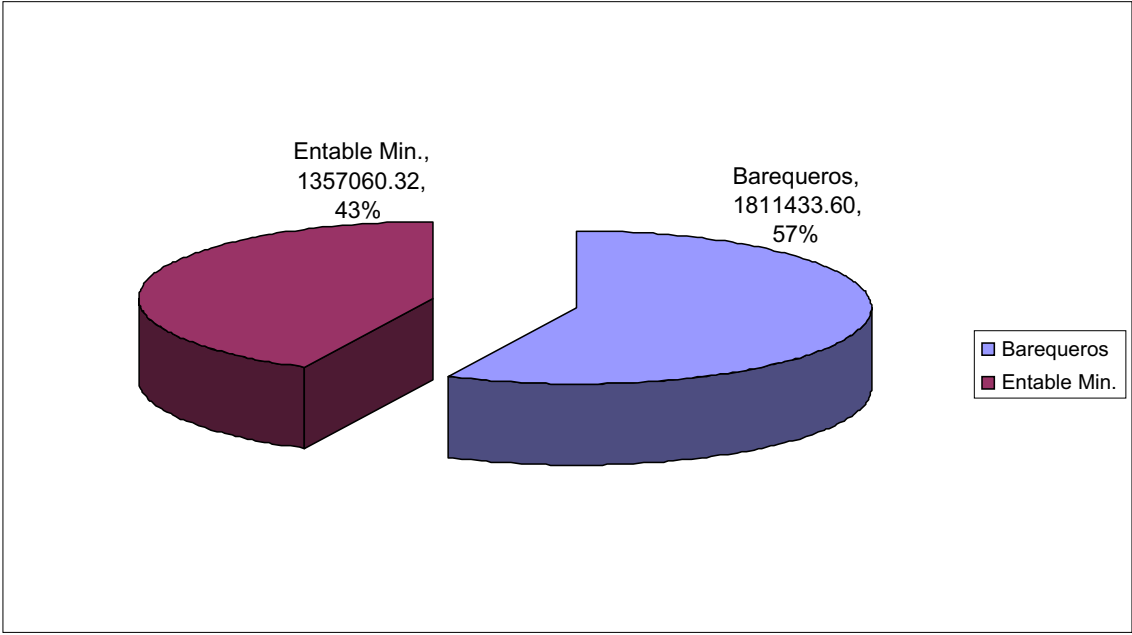
La Gráfica 26 indica que esta región produce 3.092.461,92 gramos que representan casi la totalidad de la producción anual del país.

Gráfica 26. Producción diaria anualizada de platino por municipio en gramos y porcentual para la zona Pacífico Norte.



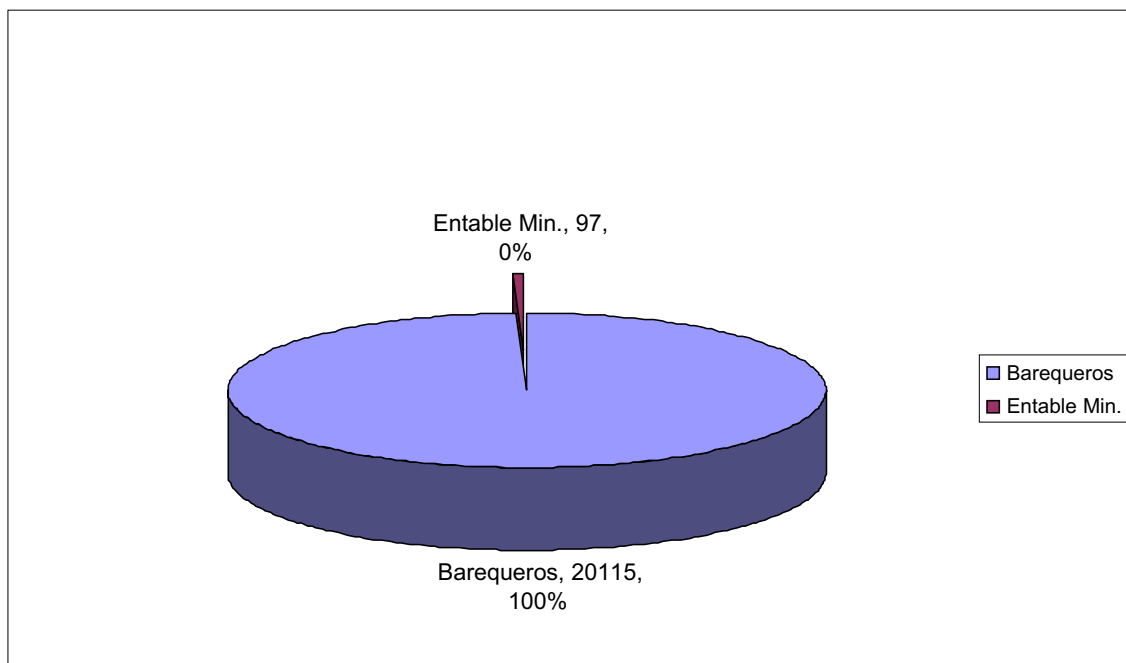
Fuente: Geoamérica Ltda.

Gráfica 27. Producción diaria anualizada por agente productor en gramos y porcentual para la región Pacífico Norte.



Fuente: Geoamérica Ltda.

Gráfica 28. Distribución por tipos de agente productor de platino en la región Pacífico Norte cuantitativo y porcentual



Fuente: Geoamérica Ltda.

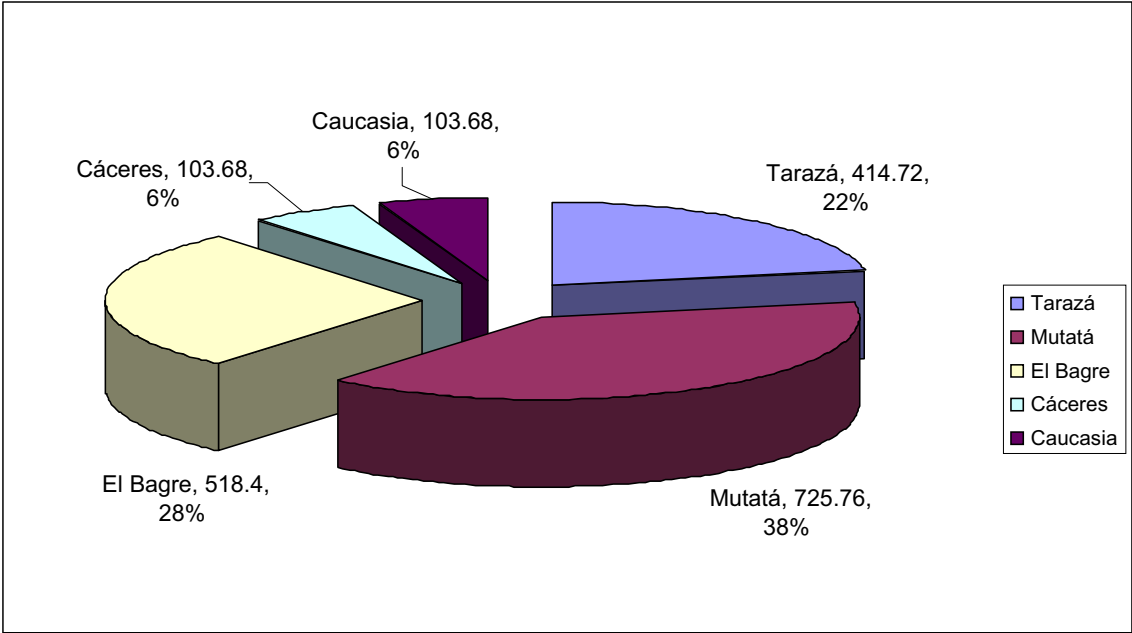
5.2.3.3 Región occidental de los departamentos de Antioquia y Córdoba.

Esta región tiene como municipios productores a Tarazá, Mutatá, El Bagre, Cáceres y Caucasia localizados como se muestra en la Figura 9.

Las Gráficas 29, 30 y 31; indican que la producción es aportado principalmente por los municipios de El Bagre (28%), Tarazá (22%) y Mutatá (38%). El total de la producción es realizada por 180 barequeros quienes producen 1866,24 gramos anualmente que representan el 100% de la producción.

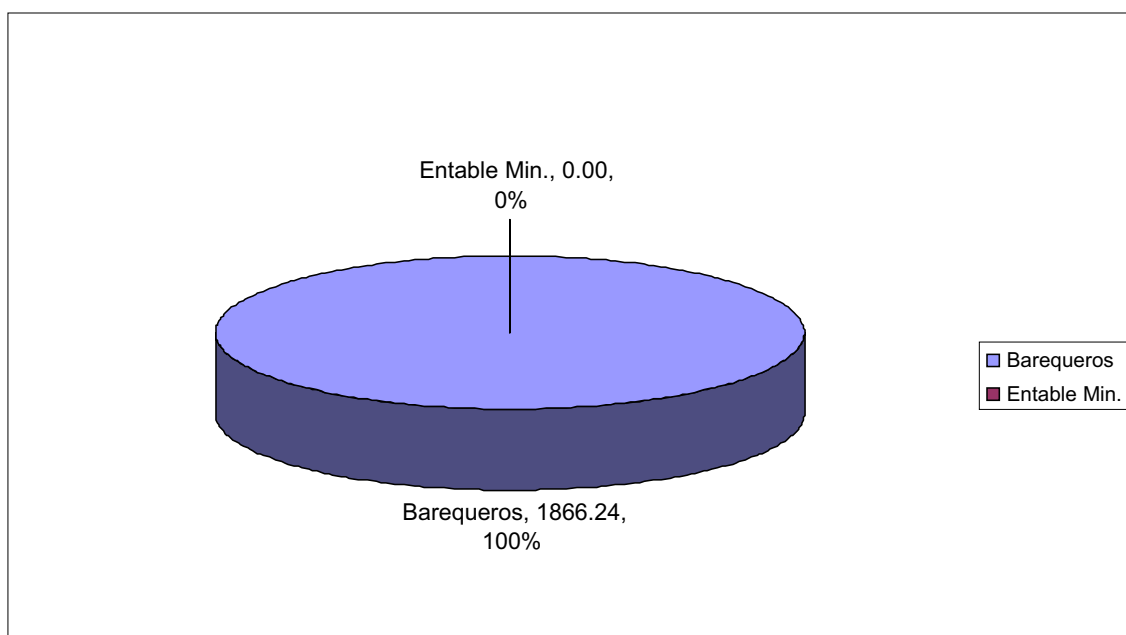
La Gráfica 25 indica que la producción de esta región no es significativa en la producción nacional diaria anualizada.

Gráfica 29. Producción diaria anualizada de platino por municipio en gramos y porcentual para la región occidente de Antioquia y Córdoba.



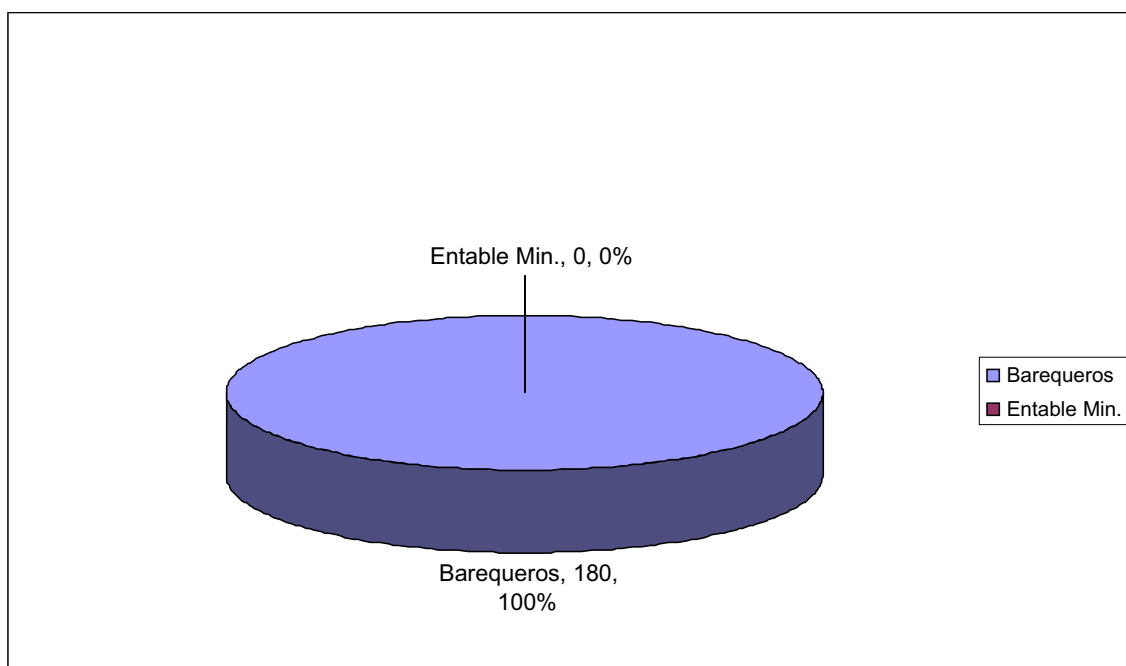
Fuente: Geoamérica Ltda.

Gráfica 30. Producción diaria anualizada por agente productor en gramos y porcentual para la región occidente de Antioquia y Córdoba.



Fuente: Geoamérica Ltda.

Gráfica 31. Distribución por tipos de agente productor de platino en la región occidente de Antioquia y Córdoba cuantitativo y porcentual.



Fuente: Geoamérica Ltda.

5.3 MERCADO INTERNO DEL PLATINO

5.3.1 Actores de la cadena del mercado interno del platino.

5.3.1.1 Intermediario 1.

Es el tendero veredal, propietario de un establecimiento comercial de víveres, localizado en las zonas rurales de los municipios. Compra los metales obtenidos por barequeros de las áreas rurales y los vende a compradores de las cabeceras municipales. Con frecuencia emplea el sistema de trueque de metales por víveres y utiliza un sistema de medición por medio de balanzas de contrapeso, donde las medidas más utilizadas son el castellano, el quilate, el tomín, el grano y la onza troy.

5.3.1.2 Intermediario 2.

Existe varios tipos de intermediarios dos dentro de los que se destacan los siguientes: 1) ASOCASAN es la Asociación Campesina del Alto San Juan organización étnico-territorial la cual posee algunos atributos legales, ambientales y territoriales. Esta asociación promueve proyectos ecológicos, sociales y culturales con énfasis en las que propenden por el mejoramiento en las condiciones de vida. La transacción de estos metales (MPG) se constituye en un proyecto social en el que la compra de los metales preciosos la realizan a los renglones mas desprotegidos de la cadena productiva (esencialmente barequeros) y posteriormente los venden directamente a los refinadores y joyeros de Cali y Medellín y eventualmente a algunos comerciantes extranjeros. 2) Compra ventas en las cabeceras municipales. Son compradores que se encuentran en el casco

urbano de los corregimientos y que colectan la producción del municipio y su área rural. Les compran a los tenderos veredales y a los mineros semimecanizados, para posteriormente vender los metales a las compraventas de Quibdo.

Excepcionalmente como en el caso de las localidades de Istmina, Condoto y Tadó la producción de estos municipios la trasladan directamente a Medellín.

5.3.1.3 Intermediario 3. Negociante itinerante.

Es un comprador que va por los municipios y veredas comprando los metales, sin tener un sitio definido de trabajo.

Este intermediario le compra a los tenderos veredales y a las compraventas municipales, así como a los mineros semimecanizados y mecanizados. Los metales que obtiene los vende en Quibdo, Medellín o Cali con la visión de obtener una ganancia rápida.

5.3.1.3.1 Comprador extranjero.

Es un comprador similar al negociador itinerante, pero la principal diferencia radica en que posee capital extranjero para su inversión y que solamente le compra por razones de seguridad; a las compraventas en Quibdo, Condoto y Tadó.

5.3.1.3.2 Compra ventas en Quibdo.

son compradores localizados en la calle 1ª de Quibdo, que compran todo el platino que les llegue sin importar de donde provenga ni quien la extraiga. Dichos

comerciantes tienen la facilidad de vender a las casas fundidoras o a las refinadoras de Medellín o Cali.

Fotografía 4. 49 castellanos y dos tomines (226,5 g) de platino con algún contenido de oro e impurezas, en compra – venta de Quibdo.



Fuente: Geoamérica Ltda.

5.3.1.3.3 Banco de la República.

Durante mucho tiempo fue la institución estatal que tenía a su cargo la compra exclusiva de los metales, pero esta función cambió para dar paso a la actividad comercial de los establecimientos privados. Ya son pocos los vendedores que realizan transacciones con el banco ya que en el proceso de cambio la institución perdió las capacidades comerciales que tenía para competir con el sector privado.

La institución compra principalmente a los vendedores de las compraventas en Quibdo.

5.4 CONSUMO INTERNO DEL PLATINO

En el consumo interno de platino, existen básicamente tres sectores: las refinerías, la industria y la joyería. Con relación a las industrias refinadoras se pudo obtener información de primera mano de dos grupos dedicados a la refinación y transformación de los MPG, **PMgroup** en Palmira y **Green Palatinum** en Medellín.

5.4.1 Refinadores.

PMgroup: es una empresa con sede en la zona franca de Palmaseca, contigua al terminal aeroportuaria Alfonso Bonilla Aragón de la ciudad Palmira, dedicada a la refinación y procesamiento de la mayoría metales preciosos bien sea puro o contaminado. En sus inicios la empresa tuvo que enfrentar problemas como la falta de materia prima, pero con el tiempo estas dificultades se han venido solucionando con la venta de estos recursos por parte del Banco de la República.

Actualmente es una empresa que requiere alrededor de 1.000 gramos mensuales de MGP principalmente para la industria química y la fabricación de utensilios de laboratorio y de acuerdo con sus propias expectativas en el futuro cercano (1 a 2 años) consumiría alrededor de 250 kilos anuales de MPG.

Green Platinum: inicialmente utilizaba el platino para la producción de joyas, en la actualidad manufactura utensilios de laboratorio tales como crisoles. Se estima que su consumo inmediato es de aproximadamente 800 gramos mensuales.

5.4.2 Industria.

La industria en general es otro de los sectores consumidores. Su requerimiento de los MPG es cada día más grande al considerar las peculiares propiedades físico químicas de dichos elementos.

Empresas como ABOCOL observan con gran interés el desarrollo de productos nacionales para la industria agropecuaria. El caso específico sería la producción de mallas catalizadoras destinadas a la obtención de amoníaco lo cual requeriría de por lo menos 250 kilos anuales de platino.

La industria del petróleo como en el caso de ECOPETROL, tiene también un gran interés en el desarrollo de técnicas de producción de catalizadores con base a los MPG. Dichos elementos son importantes como catalizadores dentro del proceso de refinación del crudo.

Además industrias químicas como monómeros Colombo – venezolanos y Varela, observan con mucho interés a estos elementos, debido a que pueden ser adicionados a compuestos como siliconas, con los cuales se mejoran las propiedades físico-químicas de los productos finales.

Es importante anotar que el consumo interno actual en este sector es cero.

5.4.3 Joyeros.

Este sector es uno de los más importantes consumidores de los MPG, metales que requieren con leyes altas (95% mínimo), por lo tanto el platino interno debe ser

refinado previamente. Se estima que el consumo de MPG de este sector puede ser de 400 kilos anuales.

5.5 PRECIO INTERNO DEL PLATINO

El precio interno del platino en Colombia es variable y depende de la región en la que se explote, del tenor que por tradición oral se sabe que posee y del actor de la cadena productiva que lo tenga. El valor más bajo es el del platino que tiene el barequero de la región Pacífico Sur, dado que de acuerdo con los análisis químicos efectuados, es el platino con más baja ley, su proporción con respecto al oro en la mayoría de los aluviones es del 4% y su mayor concentración no supera el 15%, se tiene un bajo conocimiento del su valor y la precaria infraestructura (Figura 8) e inseguridad de la zona hace que la afluencia de compradores sea escasa. El valor más alto es el del platino explotado en el departamento de Chocó y que los mineros o intermediarios logran vender a las refinadoras de platino en Cali o Medellín.

El levantamiento de campo para obtener los precios que se analizan a continuación fue realizado entre el 17 y 29 de enero de 2005, período en el cual el precio del platino dado por **London Fix** estuvo en promedio en US\$ 865,65 la onza troy (US\$ 27,83 el gramo) y la TRM promedio del período fue de \$ 2.368,71, lo que se traduce en un precio internacional de \$65.921,2 / gramo.

5.5.1 Región Pacífico Sur.

En esta región los precios del platino son los más bajos dentro de la cadena productiva de Colombia por las razones expuestas anteriormente.

El barequero normalmente desprecia la producción de platino y lo considera no rentable, de tal manera que lo vende al precio del oro y sin separar de este a las compraventas de las cabeceras municipales quienes hacen la labor de separación.

Los barequeros que separan el platino del oro lo venden a las compraventas de las cabeceras municipales, a un valor que fluctuaba en el momento de la visita entre \$10.000 y \$15.000 el gramo equivalente a **London Fix** menos el 77% o 84%. A su vez las casas de compra de platino de las cabeceras municipales venden el platino a un intermediario itinerante de Pasto, Cali o Medellín a un valor de \$25.000 por gramo, equivalente a **London Fix** menos 62%, o al Banco de la República en Pasto al mismo precio. Finalmente, el platino proveniente de la zona sur puede ser comprado por las casas fundidoras de Cali y Medellín a un valor equivalente a (**London Fix** x Ley) menos 10% (Diagramas 2 y 3).

Diagrama 2. Mercadeo de platino explotado por barequeros en la región Pacífico sur.

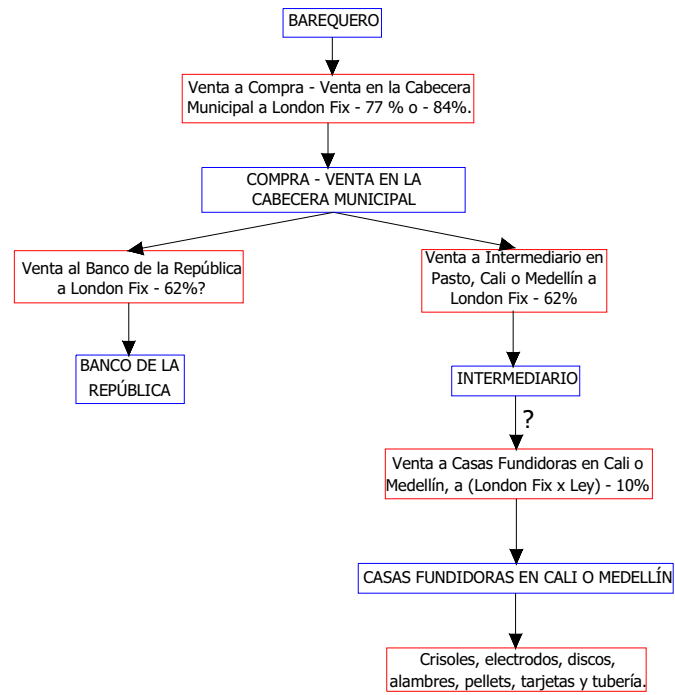
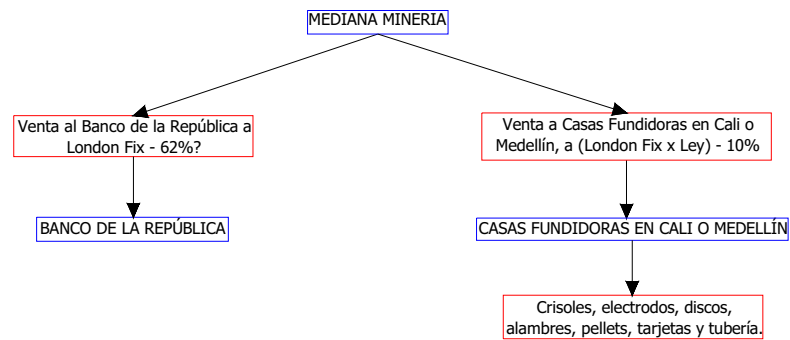


Diagrama 3. Mercadeo de platino explotado mediante minería mecanizada en la región Pacífico Sur



5.5.2 Precio del platino en la región Pacífico Norte.

En esta región, el precio del platino que posee los barequeros depende del intermediario que se lo compre. Los barequeros tienen la posibilidad de vender el platino que explotan a los dueños de las tiendan veredales quienes se lo pagan por el sistema de trueque por alimentos procesados, licores y otros víveres y ocasionalmente con dinero en efectivo, la negociación se realiza de acuerdo con las medidas registradas en la Tabla 30 y haciendo las conversiones de rigor el gramo de platino es vendido a \$40.000 equivalente a **London Fix** menos 39%. Los barequeros socialmente más organizados y con menos necesidades económicas se saltan al intermediario 1 y venden su platino a la casas de compra localizadas en las cabeceras municipales (Figura 9) con base en las unidades de medida registradas en la Tabla 30, a \$45.000 el gramo equivalente a **London Fix** menos 31% precio al cual también vende el tendero veredal (intermediario 1).

Por su parte, los dueños de las casas de compra de platino de las cabeceras municipales (intermediario 2) tienen tres posibilidades de venta a los intermediarios 3 : 1) a un intermediario que recorre las diferentes casas de compra de platino en la cabecera municipal quien paga el gramo de platino a \$47.000, equivalente a **London Fix** menos 28%, 2) al Banco de la República en Quibdo, quien lo paga a \$48.000/g, equivalente a **London Fix** menos 27%; y 3) a las casas de compra de platino en Quibdo, que lo pagan a \$52.000, equivalente a **London Fix** menos 19%.

El intermediario 3 casas de compra – venta de platino en Quibdo tienen dos posibilidades de venta, una a las casas fundidoras, cuyo precio de compra ofrecido es (**London Fix** x Ley) menos 10%, que en el momento de la visita equivalía a \$65.921/g de platino 100% puro *.9 es decir a \$59.329, o a extranjeros, quienes ofrecen un valor correspondiente a **London Fix** menos 15% (\$59.177/g).

En los municipios de Istmina, Condoto y Tadó (Chocó), dado la organización de la comunidad negra en ASOCASAN se presenta un caso excepcional, donde los barequeros pueden vender el platino a **Green Platinum Ltda.**, a un valor de \$58.000/g, equivalente a **London Fix** menos 12% (Diagrama 4) saltándose de esta manera a los intermediarios uno, dos y tres.

La minería mecanizada denominados en la zona entables, normalmente se saltan la cadena de intermediarios como se muestra en el Diagrama 5.

Diagrama 4. Mercadeo de platino explotado por barequeros en la zona norte

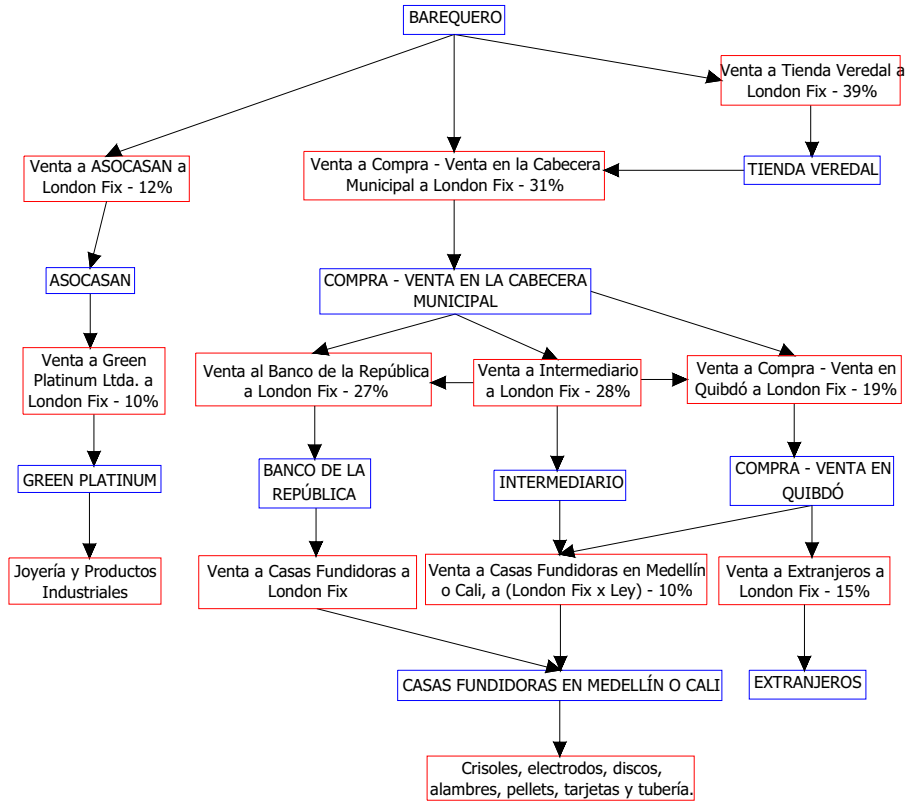
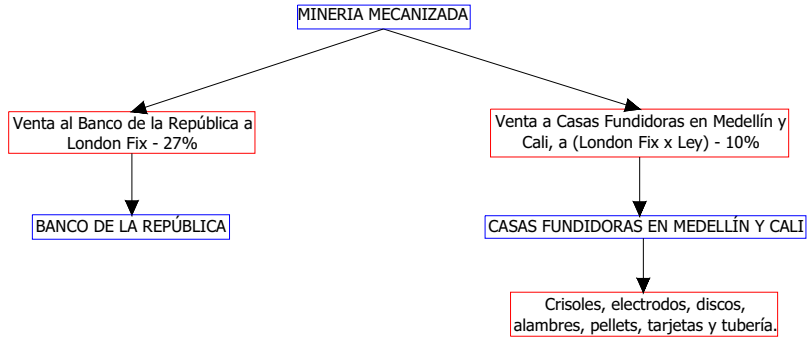


Diagrama 5. Mercadeo de platino explotado mediante minería mecanizada en la zona norte.



5.5.3 Precio del platino en la región Antioquia – Córdoba.

La producción de platino de esta región, estimada en 1.866,24 gramos por año, es vendida en su totalidad a las casas refinadoras de Cali o Medellín o a los joyeros de las mismas ciudades un precio de \$25.000 por gramo equivalente a **London Fix** menos 62%, o a **London Fix** x Ley menos 10%.

6 ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS, BENEFICIOS Y REFINACIÓN DEL PLATINO

Con el fin de conocer el avance tecnológico que se tiene en el país para el refinado de los MPG, con la estrecha colaboración de los funcionarios de la UPME, y teniendo como base, el listado de agentes retenedores de regalías de platino, se planificaron comisiones a Palmira y Medellín en donde se localizan las principales empresas beneficiadoras y refinadoras de MPG.

Solamente se pudo hablar con personal de **PMgroup** en Palmira y de **Green Platinum** en Medellín, dado que los otros posibles refinadores se mostraron muy celosos con su información y no aceptaron las visitas.

6.1 PALMIRA

6.1.1 Historia de la refinación.

La refinación de platino en Colombia está ligada a la industria de la joyería y a las puntuales necesidades de algunos laboratorios de refaccionar crisoles y otros utensilios necesarios para la ejecución de las marchas químicas.

La creciente demanda de trabajos relacionados con la recuperación y refinación de utensilios de laboratorio, fue la principal motivación para la creación de Contactos Ingeniería, empresa fundada en 1990 por personas descendientes de familias dedicadas a la orfebrería desde hace más de 120 años. En sus comienzos dicha empresa se dedicó a la construcción de interruptores de alta tensión como trabajo

principal y como trabajo aleatorio la refinación de metales preciosos supliendo parcialmente las necesidades de la industria antes mencionada.

Por las condiciones económicas vividas en Colombia como consecuencia de la apertura económica iniciada en la década de los noventas, hace unos 6 años Contactos Ingeniería entra en crisis y quiebra, razón por la cual tienen que liquidar la empresa e iniciar una búsqueda rápida de socios capitalistas para crear una compañía en unas condiciones tales que se garantizara el éxito. La experiencia adquirida con Contactos Ingeniería, permitían predecir que la refinación y la manufactura de los metales preciosos y principalmente de los MGP era una actividad rentable. Durante el año de 1999 un socio Estadounidense que se interesó en el negocio realizó un estudio de factibilidad y una evaluación de las inversiones necesarias para crear “una compañía líder en el negocio de los metales preciosos a nivel mundial, que proveyera el más completo y tecnificado servicio de refinación y el procesamiento especializado de la mayoría de metales preciosos puros o contaminados, tratando el platino desde su refinación hasta su manufactura”.

Por razones impositivas y de adquisición de los metales principalmente de los MGP en el año 2000 se crea **PMgroup**, ubicando su sede en una bodega de aproximadamente 1.000 m² en la zona franca de Palma Seca en el municipio de Palmira departamento del Valle del Cauca. La empresa quedó dotada de tecnología de punta consistente entre otros de los siguientes elementos: balanzas de alta precisión (hasta 5 decimales de gramo), muflas de alta tecnología, microscopio electrónico, tornos y perfiladoras, espectrómetro de masas con más de 50 lámparas, horno de fundición, macrodigestores, mesas electrolíticas, estufas de secado y otros instrumentos de los que no se obtuvo información.

Desde el año 2000 y hasta finales del 2001 la empresa no pudo realizar ninguno de los trabajos para los que fue fundada, principalmente por la gran dificultad en conseguir la materia prima. El Banco de la República posee reservas en platino calculadas en tres toneladas, estas no eran vendidas a nacionales Colombianos en razón a que la reglamentación existente no lo permitía; **PMgroup** y otras refinadoras, emprendieron gestiones para obtener, modificar o cambiar las normas que impedían realizar este tipo de transacciones, gestiones que duraron más de un año, y que terminaron con la emisión de las resoluciones internas número 4 del 14 de junio de 2001 y número 2 del 27 de junio de 2003, que modifican parcialmente la resolución interna número 4 de 1995 y que permiten adquirir platino del Banco de la República a precios internacionales por cualquier ciudadano colombiano.

La decisión de establecer la empresa en la zona franca radicó en la facilidad de importar y adquirir el platino colombiano refinado del Banco de la República, como ente internacional; además de disminuir los costos al no estar afectados por el IVA y no necesitar guías para la importación de maquinaria y materia prima.

6.1.2 Adquisición y precios de la materia prima.

En la actualidad **PMgroup** adquiere el platino sin refinar de las siguientes fuentes: de intermediarios nacionales establecidos en la ciudad de Cali y que adquieren el platino en el departamento del Chocó. El valor pagado es equivalente a **London Fix** menos el 10% x Ley. Del Banco de la República, el precio del platino refinado es igual al precio internacional al momento de la compra. De mineros legales que acuden a vender el oro y el platino sin refinar para los cuales se aplica el siguiente procedimiento: a) el minero llega con el platino a **PMgroup**, b) **PMgroup** pesa el platino sin refinar y después de realizar un refinado a una muestra pequeña (lo cual dura 45 días), hace un análisis con el espectrómetro de masa, con el fin de

conocer la ley del mineral, c) realizado el análisis, **PMgroup** comunica al minero la ley de su mineral. Si el minero acepta los resultados del análisis se procede a la liquidación, si no, se realiza la pesada de su mercancía y se le hace la entrega de la misma, d) aceptado el resultado del análisis se procede a liquidar el valor del platino de la siguiente forma: peso total x ley x (precio **London Fix** –10%) e) finalmente se elabora la factura para pago en la que se discrimina el valor de la regalía la cual es consignada posteriormente al Ingeominas.

También obtiene platino de la recuperación de utensilios de laboratorio en platino, para lo cual ofrece el reproceso y remanufactura de crisoles deteriorados y la producción de crisoles nuevos. En el caso de que el cliente requiera el crisol **PMgroup** cobra los servicios de reproceso, por otro lado si el cliente quiere vender el crisol deteriorado se paga a precio **London Fix** menos 10%.

Otra fuente de platino es el reciclaje de tarjetas electrónicas, catalizadores de automotores, discos duros de ordenadores, de teléfonos celulares, limaduras, desperdicios concentrados, sólidos y semisólidos, lodos y líquidos y de residuos que contengan oro, platino, paladio y rodio. En la actualidad esta actividad es secundaria pero de acuerdo con la fluctuación de la demanda de los artículos que produce **PMgroup** se puede incrementar o eliminar definitivamente.

Finalmente obtiene platino y MGP de la importación en esponja de La Gran Bretaña cuyo precio es **London Fix** más costos de envío a la Zona Franca de Palma Seca en Palmira Colombia.

6.1.3 Demanda de la materia prima.

PMgroup para la satisfacción actual de sus clientes requiere de 1.000 gramos mensuales de MGP los cuales utiliza mayoritariamente en la fabricación de utensilios de laboratorio y sus principales clientes están en los **USA**, Canadá, China e Irán.

Para el mercado Colombiano **PMgroup** adelanta una negociación importante con el sector industrial con empresas de la importancia de Ecopetrol, Abocol, Monómeros Colombo-Venezolanos y Varela.

Para el caso del sector de los abonos, la negociación se encuentra avanzada y de lograrse **PMgroup** producirá una malla con baño de platino que servirá como catalizador para la producción de amoníaco para lo cual requerirá de una máquina tejedora con un valor estimado de US\$300.000 y 250 kilos anuales de platino.

6.1.4 Producción y mercadeo.

La producción de los elementos derivados del refinado de platino consiste en la actualidad principalmente de crisoles de diferentes modelos, electrodos, discos de platino, paladio, rodio, iridio, alambres de diferentes calibres, pellets de MGP, tarjetas de MGP y tuberías de platino, rodio e iridio. En el futuro, de acuerdo con los planes de expansión de la empresa se construirán mallas catalizadoras para la industria de los abonos químicos que necesitará de más del 25% de la producción nacional declarada de platino.

De acuerdo con la información obtenida existen en el mundo solamente cuatro empresas (**Engelclark, Heraus, Johnson Matthey** y **PMgroup**) que se disputan la demanda mundial de productos refinados, de utensilios y catalizadores hechos del refinado de los MGP, siendo los principales consumidores internacionales Norteamérica, China, Japón, Irán y Europa.

Las medidas ambientales impuestas para los automotores de todo el mundo constituyen un mercado potencial tanto para la obtención de materia prima, como para la producción de catalizadores de automotores, mercado en el que hasta la fecha **PMgroup** no ha incursionado.

El precio de venta del gramo de platino en utensilios de laboratorio es de \$125.000 (US\$54.3), que al momento de la visita equivalía a un precio de **London Fix** x 1,95, mientras que el gramo para joyería es de \$184.000 (US\$80), que al momento de la visita equivalía a un precio igual a **London Fix** x 2,87.

6.2 MEDELLÍN

Una buena parte de la producción de MGP sin refinar es comercializada a través de empresas que operan en la ciudad de Medellín, las cuales no le dan valor agregado al producto original; las más conocidas son: C.I. Metales y Derivados (Fundición Álvarez) y comercializadora **Machine Gold** (Fundición Gutiérrez).

En la actualidad solo **Green Platinum Ltda.**, refina los MPG y los emplea en la industria y la joyería. Esta empresa sostiene estar ampliando su planta de producción y planea construir una planta de purificación de platino que maneje mayores volúmenes de metal.

Green Platinum Ltda., manifiesta tener tecnología que le permite fabricar crisoles y elaborar joyas en platino, y ha liderado un proceso de concientización y organización del mercado nacional del platino con miras a obtener un trato justo tanto para el productor, como para el comerciante y el estado (Parra, 2002).

Green Platinum Ltda., fue creada para la fabricación de joyas, pero en la actualidad afirma haberse diversificado, manufacturando elementos de laboratorio como crisoles a precios mucho más bajos que los internacionales y haber superado las dificultades económicas y técnicas para la refinación de MGP.

Green Platinum Ltda., busca estrategias para abrir puertas que ayuden a desarrollar la creación de una cadena productiva del platino fortaleciendo la generación de empleo y el ingreso de divisas para el bienestar del país.

En la actualidad la gerencia de **Green Platinum Ltda.**, lidera varios proyectos con las Asociaciones Campesinas del Chocó, como ASOCASAN (Asociación de Campesinos del Alto San Juan), para la producción limpia de platino, bajo unas condiciones dignas para los mineros del Chocó. Adicionalmente tiene contratos con algunos mineros chocoanos que le garantizan un suministro adecuado de platino para los propósitos de su empresa. En el ámbito de otras grandes empresas es muy difícil conseguir información debido a la reserva y confidencialidad que estas manejan.

7 ANÁLISIS D.O.F.A. DE LA ESTRUCTURA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO POR REGIONES PRODUCTORAS

Teniendo en cuenta la estructura de producción, el mercado, la perspectiva internacional y el avance de la exploración básica del país, a continuación se presenta el análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del subsector de los metales del grupo del platino en Colombia; posteriormente se presenta un resumen de dicho análisis en una matriz D.O.F.A. para la actividad de explotación de MGP en todo el país y para cada una de las zonas productoras.

7.1 DEBILIDADES

El potencial para la producción de platino en Colombia aún no ha sido evaluado.

La baja producción de Colombia con respecto al mercado mundial de los MGP, que hace que el país no sea llamativo para la inversión en refinación e industria que utilice MGP.

La comunidad dedicada a la actividad de explotación de los metales y en general la comunidad minera, carece de conocimiento acerca de la importancia y valor que el platino y los metales de su grupo tienen para el mundo y mucho menos están informados acerca de la gran variedad de sus usos industriales, lo que genera que no se colecte el metal o que en ocasiones sea vendido bajo el concepto de “impureza del oro” a precios muy bajos comparados con los del mercado internacional.

La producción del platino en Colombia se lleva a cabo con procesos rudimentarios y artesanales, se carece de la tecnología y herramientas necesarias para la explotación de los metales.

No hay claridad en la información de registros y licencias otorgadas a quienes se dedican a la actividad. Las autoridades encargadas del control en cada uno de los departamentos no conocen a ciencia cierta quiénes están explotando los metales y en la mayoría de los casos contemplan la posibilidad de explotación ilícita, indebida y sin las condiciones necesarias para llevar a cabo esta labor. De igual manera tampoco hay seguridad en cuanto a las cantidades de metales que se comercializan, ya sea dentro de los municipios o en las ciudades principales.

Metales del grupo del platino (MPG) como el paladio y el rodio, han alcanzado precios hasta de US\$ 1.300 y US\$ 2.300 por onza troy, respectivamente y sin embargo, Colombia no registra datos de producción ni de uso, ni de exportación de los dos metales.

El potencial platinífero de Colombia se encuentra principalmente en tres regiones a lo largo de la Cordillera Occidental: Pacífico Norte conformada por los departamentos de Chocó y Valle del Cauca, Pacífico Sur que corresponde a los departamentos de Nariño y Cauca y Región Occidental integrada por los departamentos de Antioquia y Córdoba, no obstante aún no hay estudios que cuantifiquen siquiera las reservas posibles.

Aunque la región con mayor probabilidad de tener más reservas de platino es la Pacífico Norte, especialmente en el departamento del Chocó, las condiciones para llevar a cabo la labor no son muy favorables. Para el caso de Quibdó, capital del departamento, el Plan de Ordenamiento Territorial de acuerdo con comunicación

verbal de sus autoridades, prohíbe la actividad, por otro lado no se cuenta con registros de licencias de exploración, explotación y ambientales, y el oficio es llevado a cabo en pequeña escala en algunos caños y quebradas de la región de manera ilegal.

No existen empresas de "gran minería", únicamente se puede hacer relación al barequeo y a la minería mecanizada, cuyos procesos de explotación son artesanales, poco técnicas y social y ambientalmente inviables.

La mayoría de la población que se dedica al oficio de la explotación está conformada por mujeres que en muchos casos son madres cabeza de familia y niños desde los 7 años de edad, aspecto condenado mundialmente por la OIT.

Muchos de los joyeros de la región del Pacífico Sur y de la región occidental de los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca se dedican únicamente al procesamiento del oro, si reciben platino este es devuelto a las compraventas.

Hay pequeños grupos provenientes de departamentos diferentes al Chocó que se dedican a la explotación ilegal de los metales sin que las autoridades tengan mecanismo alguno para evitar el deterioro ambiental y social que causan en la región.

A pesar de que Colombia cuenta con potencial para explorar y explotar el platino, no hay condiciones en el país para atraer a inversionistas extranjeros que exploren y exploten el platino y satisfagan la demanda de tal manera que la industria nacional se ve obligada a importar los productos finales que requiere para su funcionamiento y que son elaborados con este metal, debido a que en el país no existe la suficiente tecnología para la transformación en estos productos.

Hay muchas unidades de medida para la comercialización de los metales y además son "anticuadas", encontramos nombres como el castellano, el grano y el tomín entre otros y no guardan relación con las adoptadas por el gobierno nacional ni con las medidas aceptadas internacionalmente.

Hay escasa inversión nacional y extranjera en la exploración del platino y los metales de su grupo.

Existe inseguridad en las zonas de explotación de platino y los metales de su grupo, la infraestructura para la exploración de yacimientos primarios es deficiente y adicionalmente el sector carece de visión empresarial, asociatividad y encadenamiento productivo y recursos financieros.

7.2 OPORTUNIDADES

El platino y los metales de su grupo como el rodio y el paladio se caracterizan por tener diferentes y variados usos. Dentro de los más conocidos y por los cuales los metales son más demandados podemos nombrar la industria, las industrias automotriz, eléctrica, química y biomédica, la joyería, los sectores eléctrico, electrónico y petrolero y la fabricación del vidrio, entre otros.

Teniendo en cuenta que el platino es indispensable en la elaboración de los catalizadores utilizados en los automóviles y dado que la función de los catalizadores es transformar los gases producidos durante la combustión, una gran oportunidad para la demanda del metal radica en el claro incremento del número de vehículos del mundo y en la exigencia, cada vez mayor, de las políticas ambientales para proteger la atmósfera y la capa de ozono.

Con respecto a los catalizadores también hay una oportunidad atractiva de mercado con relación a la necesidad de utilizar estos elementos en las fábricas para asegurar limpieza en las emisiones que éstas generan.

Otro uso importante del platino es su importancia en la elaboración de los discos duros de los computadores. Actualmente existen varias necesidades en los consumidores de computadoras de aumentar la velocidad de los procesadores, tener mayor capacidad en los discos duros para guardar información y mejorar el funcionamiento de las aplicaciones de audio y video. El platino tiene la posibilidad de aumentar su demanda ya que a mayor cantidad de platino en la aleación de cobalto, se generan mejores propiedades magnéticas las cuales influyen directamente en la satisfacción de estas necesidades del mercado. Además el platino también es utilizado en la fabricación de las pantallas de cristal líquido.

En la producción de energía eléctrica se ha generado un auge en la utilización de las celdas de combustible y existe un tipo de ellas que está logrando gran acogida en el mercado porque no necesitan ser recargadas, su fabricación incluye un catalizador de platino. Adicionalmente en este campo se presenta el desarrollo de nuevos productos como el anunciado por la compañía de gas de Tokio (**polymer electrolyte fuel cell**) y que requieren de metales del grupo de platino para ser elaborados.

En el sector de la joyería se ha percibido la preferencia de los consumidores por las joyas elaboradas con platino. Esta tendencia se refleja en los incrementos de la demanda de estos productos, especialmente en países como Estados Unidos, China y Suiza, en donde también es utilizado en la fabricación de relojes.

La inestabilidad de la moneda más llamativa para invertir en el pasado inmediato el (dólar) ha generado inseguridad y desconfianza en las personas, por su continua devaluación razón por la cual se ha comenzado a evaluar otros medios como alternativa de ahorro, dentro de los que se encuentran el oro, seguido por el platino.

En el sector de la salud el platino es utilizado en la fabricación de medicamentos para tratar el cáncer, componentes biomédicos y elaboración de marcapasos y a su vez se comienza a sustituir por otro metal de su grupo (paladio) como materia prima para los tratamientos e instrumentos de odontología.

Debido a que su precio es más económico, el paladio está reemplazando al oro para el enchapado de los conectores de cables electrónicos.

La demanda nacional e internacional de los MGP es creciente y la oferta mundial es baja.

7.3 FORTALEZAS

Colombia cuenta con potencial para la explotación del platino en yacimientos primarios y secundarios ubicados en la Cordillera Occidental y distribuidos en tres regiones: Pacífico Norte (departamentos de Chocó y Valle del Cauca), Pacífico Sur (departamentos de Nariño y Cauca) y Región Occidental (departamentos de Antioquia y Córdoba).

La explotación de platino y los metales de su grupo es una buena alternativa para apoyar a los campesinos, negritudes e indígenas que se encuentran vinculadas con los cultivos ilícitos. Así lo confirma el estudio realizado en el departamento de

Nariño en el que la opinión general de los mineros coincidió en la necesidad de presencia del gobierno central con el fin de incentivar proyectos que conviertan esta actividad en una opción válida para resolver el tema mencionado.

Existe una gran disponibilidad de mano de obra que podría ser educada, organizada para trabajar en explotaciones técnica, económica, social y ambientalmente viables de los yacimientos secundarios de MGP.

El Nuevo Código de Minas contempla políticas interesantes para atraer la inversión en el sector, y da la posibilidad de incentivar la creación de formas asociativas de trabajo de los moradores de las regiones productivas de MGP.

7.4 AMENAZAS

Colombia no es un país competitivo internacionalmente, dada su baja participación en el mercado internacional y la escasa tecnología para el refinado de los MGP.

A pesar del gran incremento en la producción de platino, los principales países en la explotación del metal siguen siendo Suráfrica quien logró un crecimiento del 5% en su participación, seguido de Rusia y Norteamérica. Una situación similar se presenta con el paladio, cuyos principales productores son Rusia y Suráfrica en segundo lugar. En este orden de ideas, el 75% del platino que se consume en el mundo es producido por Suráfrica, en donde además se encuentran las cuatro compañías más grandes de explotación del mineral (**Anglo Platinum, Impala, Lonmin y Northam**).

La tendencia histórica de los precios del platino, del paladio y del rodio muestran una clara inestabilidad, razón por la cual la inversión en este mercado es más riesgosa.

El incremento del precio en el paladio generó una disminución de su demanda y por lo tanto su sustitución por el níquel como materia prima para la elaboración de dispositivos electrónicos.

Inseguridad en las zonas productoras de platino.

Evasión y elusión de impuestos y regalías debido a la poca fiscalización que se hace a las explotaciones.

Fanatismo ambiental y social.

De acuerdo con el análisis realizado se encontró la siguiente matriz DOFA, en la cual se buscó enmarcar los principales aspectos en los que se podría mejorar a nivel nacional:

Tabla 32. Matriz D.O.F.A. generalizada

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
1. Falta de capacitación y conocimiento de los mineros. 2. Procesos de extracción rudimentarios. 3. Desorganización del gobierno en cuanto a licencias y controles.	1. Apoyo en las universidades y centros de educación de las principales ciudades de los departamentos productores. 2. Capacitación, importación de maquinaria, mayor eficiencia y producción.

4. Incertidumbre en las cantidades extraídas y comercializadas. Explotación ilegal de los metales. 5. Únicamente existe barequeo y minería mecanizada. 6. Escasa generación de valor agregado a los metales. 7. Unidades de medida no aceptadas internacionalmente.	3. Generación de empleo, apoyo a la comunidad, solución alterna a los cultivos ilícitos. 4. Mayores ingresos generados por el sector (producción, exportación, entre otros). Mayor control. 5. Creación de grandes empresas, mayor tecnología para el sector. Atracción de inversionistas. 6. Múltiples usos en diversas industrias a nivel mundial. 7. Comercialización con precio y equivalencia adecuados.
AMENAZAS	FORTALEZAS
1. Colombia no es competitivo internacionalmente. 2. Inseguridad zonas productoras. 3. Inestabilidad tributaria (evasión y elusión). 4. Inestabilidad en los precios de los MGP.	1. Escuelas de minería y geología en el occidente del país. 2. Nuevo Código de Minas más atrayente a la inversión para tecnificar la actividad. 3. Comunidades dedicadas a la minería por generaciones. 4. Aumento de IED en proyectos mineros en América Latina. 5. Potencial para la producción de platino en Chocó. Filial de PM Group en Palmaseca (Palmira).

Tabla 33. Matriz D.O.F.A. para el Pacífico Norte (Chocó y Valle del Cauca)

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
1. Carencia de capacitación y conocimiento del valor del metal y de sus múltiples usos por parte de la comunidad explotadora. 2. Procesos de explotación rudimentarios y poco tecnificados. 3. No existen empresas catalogadas como de "gran minería". 4. La mayoría de la población que se dedica a esta actividad está conformada por mujeres, algunas son madres cabeza de familia, y niños menores de 10 años.	1. Filial de PM Group en Palmaseca (Palmira). 2. Múltiples usos del platino y los metales de su grupo.	1. Chocó es el departamento con mayor potencial para la explotación de platino. 2. En los municipios de Istmina y Unión Panamericana, Tadó, Condoto e Iró existe control con respecto a la ubicación y nombre de los propietarios de entables de minería mecanizada y barequeros. 3. Cercanía al puerto de Buenaventura. 4. Quibdo cuenta con dos áreas tituladas para la explotación de platino, sumando 369 hectáreas entre las dos y por su	1. Inseguridad en las zonas de exploración y explotación de los metales. 2. Explotación ilegal de los metales. 3. Inestabilidad jurídica y tributaria.

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
5. Unidades de medida que no guardan relación con las adoptadas internacionalmente. 6. El metal es vendido a bajos precios por el desconocimiento de su valor. 7. Falta de información de las cantidades producidas y comercializadas y licencias y registros otorgados. 8. El Plan de Ordenamiento Territorial de Quibdo prohíbe la actividad de la minería. 9. No existen datos de licencias otorgadas a la minería mecanizada y en municipios como Tadó se estima que tan solo están		parte el municipio de Tadó cuenta con tres áreas tituladas (246 hectáreas). 5. Como capital, Quibdo es un centro de comercialización de oro y platino.	

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
registrados entre el 30% o 40% de los barequeros existentes. 10. En municipios como Atrato y Lloró, la explotación del platino únicamente aparece como subproducto del oro. 11. El Valle del Cauca no reporta producción para la explotación del platino y su potencial es desconocido. 12. Muchos de los joyeros del occidente del Valle del Cauca se dedican únicamente al oro, si reciben platino es devuelto a las compraventas.			

Tabla 34. Matriz D.O.F.A. para el Pacífico Sur (Nariño y Cauca)

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
1. Carencia de capacitación y conocimiento del valor del metal y de sus múltiples usos por parte de la comunidad explotadora. 2. Procesos de explotación rudimentarios y poco tecnificados. 3. No existen empresas catalogadas como de "gran minería". 4. La mayoría de la población que se dedica a esta actividad está conformada por mujeres, algunas son madres cabeza de familia, y niños menores de 10 años.	1. Múltiples usos del platino y los metales de su grupo. 2. Presencia del gobierno para apoyar planes que incentiven la actividad minera como una alternativa para solucionar la problemática de los cultivos ilícitos.	1. Cercanía al puerto de Buenaventura 2. En Barbacoas existe un área titulada para la explotación del metal que alcanza 999 hectáreas.	1. Inseguridad en las zonas de exploración y explotación de los metales. 2. Explotación ilegal de los metales. 3. Inestabilidad jurídica y tributaria. 4. Problemática de orden público (Roberto Payán, Guapi y Timbiquí)

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
5. Unidades de medida que no guardan relación con las adoptadas internacionalmente. 6. El metal es vendido a bajos precios por el desconocimiento de su valor. 7. Falta de información de las cantidades producidas y comercializadas y licencias y registros otorgados. 8. Nariño únicamente cuenta con potencial para el platino, en los municipios de Barbacoas, Payan y Magüí enfoque del Cauca es en el oro.			

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
9. En el municipio de Barbacoas el platino se vende como impureza del oro. 10. Muchos de los joyeros laboran únicamente el oro y el platino es devuelto a las compraventas a precios muy bajos.			

Tabla 35. Matriz D.O.F.A. para la Región Occidental (Antioquia y Córdoba)

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
1. Carencia de capacitación y conocimiento del valor del metal y de sus múltiples usos por parte de la comunidad explotadora. 2. Procesos de explotación rudimentarios y poco tecnificados. 3. No existen empresas catalogadas como de "gran minería". 4. La mayoría de la población que se dedica a esta actividad está conformada por mujeres, algunas son madres cabeza de familia, y niños menores de 10 años.	1. Múltiples usos del platino y los metales de su grupo.	1. Cercanía al puerto de Buenaventura. 2. Los municipios de Tarazá y Cáceres cuentan con un área en contrato en virtud de aporte para platino que excede las 52.000 hectáreas.	1. Inseguridad en las zonas de exploración y explotación de los metales. 2. Explotación ilegal de los metales.

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
5.Unidades de medida que no guardan relación con las adoptadas internacionalmente. 6. El metal es vendido a bajos precios por el desconocimiento de su valor. 7.Falta de información de las cantidades producidas y comercializadas y licencias y registros otorgados. 8. No hay depósitos secundarios en el departamento de Antioquia. 9. El platino no se extrae en los municipios de Tarazá y Cáceres porque los mineros lo desechan por encontrarlo en pocas cantidades o			

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
por desconocimiento de su valor. 10. En el municipio de Caucasia el platino se encuentra en segundo plano ya que su enfoque es el oro y en la mayoría de los casos el platino es desechado como impureza. 11. Muchos de los joyeros del occidente del departamento de Antioquia se dedican únicamente al oro, si reciben platino es devuelto a las compraventas.			

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA HACER MÁS COMPETITIVA LA OFERTA NACIONAL DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO (MGP)

8.1 CONCLUSIONES

Los metales del grupo del platino se encuentran entre los minerales metálicos de mayor valor en el mercado internacional.

Los metales de éste grupo son platino, paladio, rodio, osmio, rutenio e iridio. Siendo el más explotado el platino con alrededor de 200 toneladas anuales en el mundo.

El principal productor de los metales de este grupo es Suráfrica, seguido por Rusia, Estados Unidos y Canadá.

Los principales usos de los metales de este grupo son: catalizadores en vehículos automotores y catalizadores en la industria química y en diversos procesos productivos, en joyas, en computadores y aparatos electrónicos y en petroquímica, entre otros.

Colombia, posee un potencial de MGP inexplorado localizado al occidente del país en rocas máficas y ultramáficas y en sedimentos aluviales, producto de la degradación de estas rocas.

Hasta la fecha y desde hace más de 100 años se explotan únicamente los yacimientos de tipo secundario localizados en los valles y llanuras aluviales de los ríos del occidente del país.

El potencial para la producción de platino en Colombia se encuentra en la Cordillera Occidental y se puede dividir en tres zonas principales: Pacífico Norte (departamentos de Chocó y Valle del Cauca), Pacífico Sur (departamentos de Nariño y Cauca) y Región Occidental (departamentos de Antioquia y Córdoba). El departamento que lidera la producción nacional es Chocó con una participación del 93% entre 1999 y 2003, seguido por Antioquia con el 5%; el resto de la producción se encuentra repartida entre el departamento del Valle del Cauca y la zona Pacífico Sur.

Yacimientos de tipo primario no se han explorado ni explotado, pero constituyen el potencial llamativo para inversionistas extranjeros, los cuales dependiendo de la situación de orden público y del mejoramiento de la infraestructura podrían adelantar campañas de exploración y explotación de este tipo de yacimientos.

Existen varias teorías sobre la historia geológica del occidente del país, que es importante unificar, mediante estudios científicos que adelante el Ingeominas para tal fin, dado que el modelo final constituirá la directriz principal para orientar campañas de prospección.

Los cuerpos ultramáficos zonados parecen ser los blancos de prospección más promisorios de MGP y dentro de estos los ubicados en la zona Pacífico Norte.

La zona Pacífico Norte presenta las mejores condiciones geológicas y geomorfológicas para que se hayan dado la acumulación aluvial de los MGP.

La zona Pacífico Sur tiene más bajas concentraciones de MGP en los sedimentos aluviales, razón que debe ser motivo de investigación.

La zona occidental de los departamentos de Antioquia y Córdoba presentan las condiciones más desfavorables para la acumulación aluvial de MGP, pero puede ser un interesante blanco para la prospección de yacimientos primarios.

El trabajo de campo realizado permitió obtener información fidedigna que permite concluir que solamente la tercera parte del platino explotado es reportado a las autoridades competentes y pagan regalías. Las dos terceras partes de la producción no son declaradas, no pagan regalías, la mayor parte de esta fracción sale de contrabando principalmente a Italia e Inglaterra y se preasume que se consumen en la elaboración de joyas, la otra parte se consume en el país preferencialmente en joyería en Medellín y Cali.

La minería ilegal, en la explotación del platino es dominante y obedece, fundamentalmente, a la dificultad para dar cumplimiento a las leyes ambientales de negritudes e indígenas con miras a obtener la licencia ambiental y la autorización de las comunidades indígenas y de negritudes para realizar la minería.

Las dificultades se dan, desde el punto ambiental, debido a que en teoría el territorio selvático del Pacífico esta restringido o vedado para realizar trabajos mineros y las sociales a la terquedad, desazón y oportunismo de algunas personas y organizaciones no gubernamental para sacar partido de los derechos de las negritudes e indígenas asentados en las diferentes regiones productoras de platino, así las cosas el territorio se convierte en terreno abonado para los grupos armados al margen de la ley quienes al final son los grandes beneficiados de la explotación platinífera en Colombia.

Hay poco conocimiento del gran valor que tienen los metales del grupo del platino, lo que genera que no se beneficie el metal o que en ocasiones sea vendido bajo el concepto de "impureza del oro" a precios muy bajos comparados con los del mercado internacional.

Dado lo anterior y al hecho de que no existen empresas que se puedan catalogar como de "gran minería", únicamente se puede hacer relación al barequeo y a la minería mecanizada, cuyos procesos de explotación son artesanales y poco tecnificados.

Como la extracción es poco tecnificada y a pesar de que Colombia cuenta con potencial para explotar el platino, la industria nacional se ve obligada a importar la mayor parte de los productos finales que requiere para su funcionamiento y que son elaborados con metales de este grupo, debido a que en el país no existe la suficiente tecnología para la transformación de estos productos.

En Colombia existe un incipiente mercado del platino, para los otros metales del grupo no se conoce producción y muy pocos son los datos de su demanda. Se puede decir que el mercado interno del platino no es regido por las fuerzas de la oferta y la demanda, toda vez que las negociaciones del metal se hacen con grandes asimetrías de información, debido a que ni los productores ni la comunidad minera nacional conocen el verdadero valor del metal ni los múltiples usos que tiene.

De acuerdo en la información histórica sobre los precios internacionales de los MGP, la evidencia empírica encontrada en este estudio, muestra que los factores de demanda (consumo mundial) y los factores de oferta (producción mundial) son

los que han tenido un efecto histórico significativo en explicar el comportamiento de los precios internacionales de los MGP.

De acuerdo con los resultados de la cointegración y del mecanismo de corrección del error sugieren que existe una relación estable de largo plazo entre el precio del platino (Pt) y algunas variables explicativas claves (consumo mundial y la producción).

El efecto de las variable de consumo mundial y producción afectan la dinámica del precio de los MGP en forma rezagada, es decir que el efecto no es instantáneo. En este sentido, el consumo afecta al precio después de dos años y en igual lapso de tiempo lo hace la producción mundial.

La volatilidad del precio de los MGP se ha incrementado a partir de la década de los setenta y se ha intensificado en la década de los noventa, para la mayoría de los precios del MGP

De acuerdo con la evidencia empírica derivada del modelo de pronósticos de los precios del platino, se concluye que un modelo univariado de series de tiempo ARIMA, explica y predice bastante bien la dinámica de corto plazo de los precios.

El modelo de seguimiento semestral (modelo de Vectores Autorregresivos Estructurales – VAREST) como el que aquí se ha desarrollado, refleja de una manera apropiada el comportamiento futuro del índice de precios interno del platino y se constituye en un buen instrumento de seguimiento semestral en el mercado. Por otro lado, debido a la característica de parsimonia que caracteriza al modelo VAREST y por el hecho de que no involucra un número excesivo de variable, lo hacen fácilmente aplicable.

El control de la producción total actual de platino que alcanza aproximadamente tres (3) toneladas/año, por parte del Estado podría cambiar en forma drástica las relaciones de mercado interno y el nivel de captación por concepto de regalías, las cuales a su vez se reinvertirían en las zonas productoras mejorando la condición de productor, haciendo así más llamativas las zonas de producción.

8.2 RECOMENDACIONES

Diseño y ejecución de un plan sectorial de platino, que incluya desde la unificación de la geología histórica del occidente colombiano, hasta una prospección regional, geológica – geoquímica y geofísica, para conocer las reservas de platino en sedimentos aluviales y el potencial de las rocas máficas y ultramáficas localizadas en las diferentes zonas con indicios de platino.

Construcción de infraestructura que permita realizar la prospección y eventual exploración y explotación de yacimientos primarios.

Mejoramiento de las condiciones socio – económicas de las zonas y regiones con manifestaciones de MGP, que permitan crear un clima llamativo a la inversión privada.

A la luz del código de minas y de las leyes de negritudes e indígenas, elaborar un plan de explotación de los yacimientos secundarios en formas asociativas técnica económica social y ambientalmente viables.

Diseñar una agresiva campaña de información para que la comunidad minera y los inversionistas nacionales conozcan los usos y la demanda de los MGP. Por otro lado diseñar incentivos para la creación de empresas refinadoras nacionales de

MGP, que compren directamente a los mineros organizados y explotadores legales de los yacimientos secundarios de MGP. Estas empresas deben contar con incentivos tributarios que les permita competir con las empresas ubicadas en zonas francas como **Pmgroup** y que básicamente consisten en el no pago del IVA y de aranceles aduaneros.

En concordancia con el plan nacional de desarrollo, diseñar e impulsar cadenas productivas para transformar y dar valor agregado a la producción de platino.

Con el fin de conocer cuales deben ser los responsables de cada una de las acciones propuestas en este capítulo se elaboró la siguiente matriz en la que se da la recomendación, se enuncia los que a nuestro juicio deben ser las entidades responsables, las acciones que se deben ejecutar para cumplir con la recomendación y un valor aproximado, de acuerdo con nuestra experiencia , de la ejecución de los proyectos derivados de las acciones respectivas.

Tabla 36. Matriz de recomendaciones

RECOMENDACIÓN	ENTIDADES RESPONSABLES	ACCIONES A EJECUTAR	RECURSOS APROXIMADOS
1. Diseño y ejecución de un plan sectorial de platino.	- Ministerio de Minas y Energía - UPME - Ingeominas - Gobernaciones de Chocó, Antioquia valle y Nariño.	Contemplar dentro de los proyectos de minería el subsector Platino.	U\$ 3.000.000 Para el período 2005-2006
2. Evaluación de la infraestructura necesaria para la exploración y explotación de eventuales yacimientos primarios de MGP.	- UPME - INVIAS - Dirección de Minas del MME - Ingeominas	Evaluar el estudio, diseño y construcción de las vías de acceso a la zonas de exploración y explotación del mineral.	U\$ 2.000.000 Para el período 2005-2006
3. Mejoramiento de las condiciones socio – económicas para crear un clima llamativo a la inversión extranjera.	- Ministerio de Minas y Energía - Ingeominas - Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo territorial.	Hacer Inversión Contra Presupuesto Nacional en vivienda educación y Salud en las zonas con potencial Platinífero, con el fin de mejorar el nivel de vida de la población.	U\$ 5.000.000 Para el período 2005-2006
4. Elaborar un plan para el aprovechamiento de los yacimientos secundarios en formas asociativas técnica económica social y ambientalmente viables, o parte de las comunidades nativas.	- Ministerio de Minas y Energía - Ingeominas - UPME	Capacitación Administrativa técnica empresarial y jurídica de los barequeros. Aumentar el conocimiento geológico de los principales prospectos platiníferos.	U\$ 2.000.000 Para el período 2005-2006
5. Campaña de información para que la comunidad minera y las autoridades competentes conozcan los usos y la demanda de los MGP, y el potencial minero platinífero de Colombia y sus regiones productivas.	- Ingeominas - UPME	Seminarios y conferencias para dar a conocer la información que posean las entidades responsables con respecto al potencial y la estructura productiva y de mercado de los MGP.	U\$ 500.000 Para el período 2005-2006
6. Diseñar incentivos para la creación de industrias nacionales que utilicen MGP y que compren directamente a los mineros organizados y explotadores legales de los yacimientos secundarios de MGP. Promoción de la cadena productiva de los MGP.	- UPME - Dirección de mimas del MME - Ministerio de Desarrollo Económico	Presentar proyectos de reforma tributaria para inversionistas del sector platino.	U\$ 200.000 Para el período 2005-2006

Fuente: Geoamérica Ltda.

ANEXO FOTOGRÁFICO

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO**REGISTRO FOTOGRÁFICO****FOTOGRAFÍA 1****Localización:**

Tadó (Chocó).

Fecha:

20 de enero de 2005.

Observaciones:

Compra – Venta de Mariano Toro Cardona. Sistema de pesada de metales preciosos por medio de balanzas de contrapeso. En el plato de la derecha se observa el platino y en el de la izquierda la pesa con la que se está comparando. En la parte inferior de la fotografía se pueden observar las distintas pesas utilizadas en el procedimiento.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO**REGISTRO FOTOGRÁFICO****FOTOGRAFÍA 2****Localización:**

Barbacoas (Nariño), Quebrada Iguambí.

Fecha:

13 de enero de 2005.

Observaciones:

Explotación del nivel conglomerático de color gris, con tenores de oro económicamente rentables, mediante retroexcavadoras. Obsérvese impacto ambiental.

***ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO
DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO
REGISTRO FOTOGRÁFICO***



FOTOGRAFÍA 3

Localización:

Barbacoas (Nariño), Quebrada Iguambí.

Fecha:

13 de enero de 2005.

Observaciones:

Resultado de la operación de barequeo, donde se alcanzan a observar algunos granos de oro en la batea.

***ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO
DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO
REGISTRO FOTOGRÁFICO***



FOTOGRAFÍA 4

Localización:

Quibdo (Chocó).

Fecha:

18 de enero de 2005.

Observaciones:

49 castellanos y dos tomines (226,5 g) de platino con algún contenido de oro e impurezas.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO

REGISTRO FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍA 5

Localización:

Condoto (Chocó).

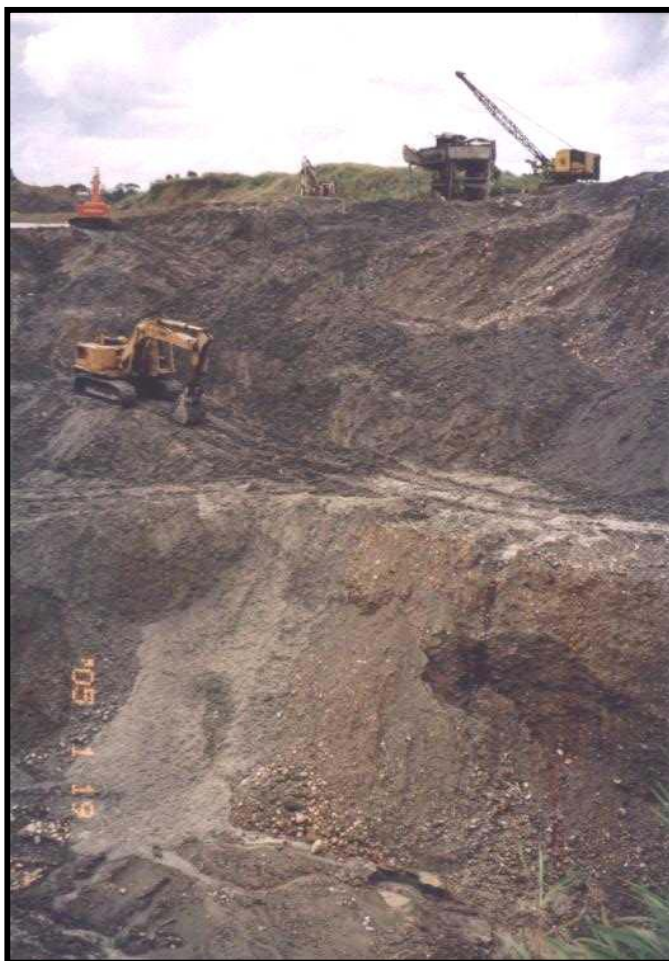
Fecha:

19 de enero de 2005.

Observaciones:

Barequeros trabajando en un frente de explotación abierto por mediana minería.

***ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO
DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO
REGISTRO FOTOGRÁFICO***



FOTOGRAFÍA 6

Localización:

Condoto (Chocó).

Fecha:

19 de enero de 2005.

Observaciones:

Excavación minera de mediana escala con varias retroexcavadoras operando. El impacto ambiental es muy fuerte.

***ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO
DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO
REGISTRO FOTOGRÁFICO***



FOTOGRAFÍA 7

Localización:

Condoto (Chocó).

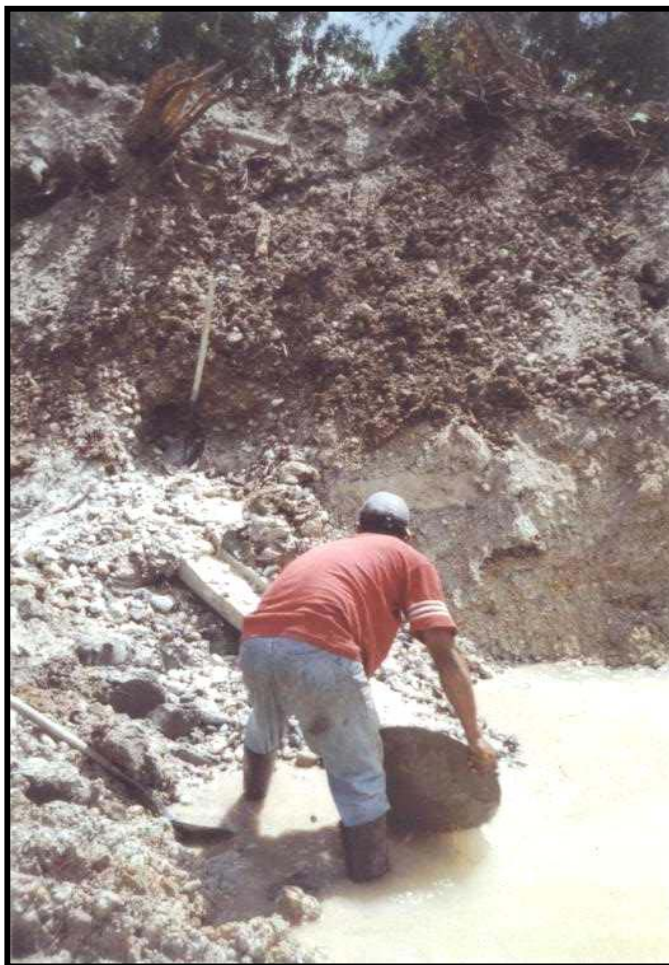
Fecha:

19 de enero de 2005.

Observaciones:

Piscina de decantación de una explotación minera mecanizada, donde se observa la influencia que ejerce este tipo de labor sobre el medio ambiente.

**ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO
DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO
REGISTRO FOTOGRÁFICO**



FOTOGRAFÍA 8

Localización: Istmina (Chocó), Corregimiento Suruco Santa Mónica.

Fecha: 19 de enero de 2005.

Observaciones: Sistema de barequeo empleado en el Chocó. En la parte media izquierda se observa un socavón de donde se extrae el material a ser lavado en la clasificadora artesanal o "matraca" (parte inferior del socavón), mediante el empleo de agua arrojada con la batea sobre el material acumulado en la parte superior de la "matraca".

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO

REGISTRO FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍA 9

Localización:

Istmina (Chocó), Corregimiento Suruco Santa Mónica.

Fecha:

19 de enero de 2005.

Observaciones:

Retroexcavadora acumulando material previamente clasificado para reclasificarlo posteriormente.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO

REGISTRO FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍA 10

Localización:

Unión Panamericana (Chocó), Corregimiento Ánimas Medio.

Fecha:

20 de enero de 2005.

Observaciones:

Barequeros trabajando en el costado opuesto al frente de explotación actual. Nótese las dimensiones del área afectada y el fuerte impacto ambiental.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO

REGISTRO FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍA 11

Localización:

Unión Panamericana (Chocó), Corregimiento Ánimas Medio.

Fecha:

20 de enero de 2005.

Observaciones:

Retroexcavadora acumulando material para ser lavado con agua a presión en una clasificadora (parte derecha de la fotografía).

***ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO
DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO
REGISTRO FOTOGRÁFICO***



FOTOGRAFÍA 12

Localización:

Lloró (Chocó).

Fecha:

19 de enero de 2005.

Observaciones:

Extracción artesanal de oro (barequeo). En la fotografía se hace evidente que la actividad es liderada por mujeres.

***ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO
DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO
REGISTRO FOTOGRÁFICO***



FOTOGRAFÍA 13

Localización:

Lloró (Chocó).

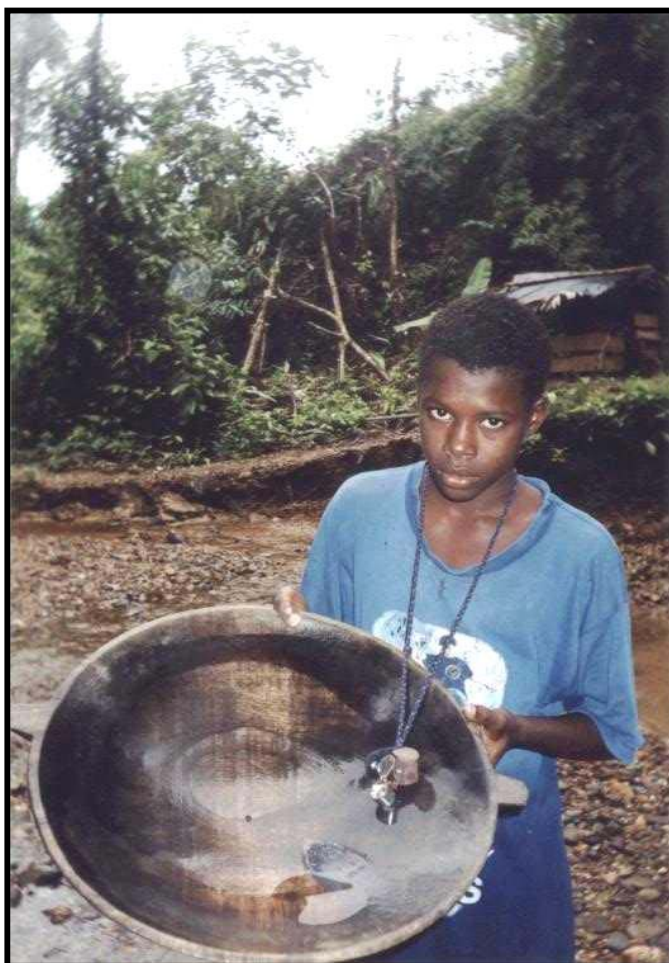
Fecha:

19 de enero de 2005.

Observaciones:

Extracción artesanal de oro. En la parte inferior derecha se puede observar la concentración de granos de oro.

***ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO
DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO
REGISTRO FOTOGRÁFICO***



FOTOGRAFÍA 14

Localización: Yuto (Chocó), Quebrada Chagratará.

Fecha: 20 de enero de 2005.

Observaciones: Explotación artesanal de minerales platiníferos. En la batea se observa un concentrado de platino, conseguido por un niño barequero.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO

REGISTRO FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍA 15

Localización: Atrato (Chocó), Quebrada Chagratará.
Fecha: 20 de enero de 2005.
Observaciones: Explotación a cielo abierto de la minería de mediana escala.

***ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y MERCADO
DE LOS METALES DEL GRUPO DEL PLATINO
REGISTRO FOTOGRÁFICO***



FOTOGRAFÍA 16

Localización: Cáceres (Antioquia), Río Cauca.

Fecha: 25 de enero de 2005.

Observaciones: Barequeros del Bajo Cauca Antioqueño explotando oro en la rivera del Río Cauca.