

## EL ORO EN LA CUENCA DEL RIO MADRE DE DIOS - PERU

OSCAR A. PASTOR PAREDES

Manco Capac 304. Cusco-Perú.

**RESUMEN:** El sureste del Perú es una zona tradicional de explotación del oro. En la actualidad la explotación sigue siendo importante en el Madre de Dios, donde se producen 7000 kg de oro por año. Sin embargo, el trabajo es todavía poco mecanizado. A partir de un estudio más detallado de la zona de Caychive se dan unas indicaciones sobre la estructura social y los ingresos de los mineros del área.

**RESUME:** Le sud-est du Pérou est une région traditionnelle d'exploitation de l'or. Actuellement la production d'or est importante dans plusieurs régions, notamment le Madre de Dios où 30 000 personnes produisent 7000 kg d'or par an. Cependant la plus grande partie de cet or est extrait de manière artisanale et la plus grande partie des gains sont absorbés par l'achat d'aliments, le versement de salaires et l'acquisition de bien courants de telle sorte qu'il n'y a pas de possibilités d'investissements lourds. A partir de l'analyse plus détaillée de la région de Caychive, au pied des Andes, au débouché du rio Inambari dans la plaine amazonienne, l'auteur donne des indications plus précises sur la production et les revenus des exploitants d'or.

### INTRODUCCION

El sureste peruano ha sido intensamente trabajado en la explotación del oro desde la época pre-inca en Carabaya-Sandía (Puno); luego en la colonia hasta la república en Marcapata-Quincemil (Cusco); y desde hace más de 20 años en el llano amazónico de Madre de Dios.

La historia mundial nos muestra grandes movilizaciones de personas luego de cada descubrimiento importante de oro; entre ellas: California en 1848, Australia en 1850, Sudáfrica en 1885, Rusia en el río Aldom de la Siberia Oriental en 1923, y a inicios de la presente década en Sierra Pelada, Brasil. Todos estos eventos se destacan porque han convocado la participación de decenas y hasta centenas de miles de personas y con el tiempo han permitido la mecanización de la explotación del oro, el incremento de su producción y el mejoramiento de los niveles de vida de sus pueblos.

Madre de Dios ha tenido a su manera la "fiebre del oro", sin embargo, después de todos estos años no continúa con el proceso histórico que caracteriza a estos eventos. Una de las causas es la poca o inexistente información y difusión de sus características; el presente trabajo pretende de alguna manera brindar aportes para la superación de esta deficiencia, pero es susceptible por cierto, de ser perfeccionado.

## CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA

Madre de Dios se ubica en la región suroriental del Perú; comparte frontera internacional con Brasil y Bolivia, con una superficie total de 85,182.6 km<sup>2</sup>; de estos, el 20% tiene interés minero aurífero y solamente el 5.1% del total se halla ocupado por denuncios mineros amparados por ley.

Su clima es tropical húmedo, con estaciones bien definidas: una seca, entre mayo y octubre, y otra lluviosa, entre diciembre y abril. La media mensual de precipitación pluvial para las zonas oriental, central y occidental del departamento es de 250, 400 y 900 mm. La temperatura promedio anual es de 25 °C, la temperatura mínima alcanza los 16 °C en los meses de junio y julio, mientras que la máxima alcanza los 32 °C en los meses de septiembre y octubre.

En cuanto a la infraestructura carretera ubicada en el área de interés minero, se tienen 250 km de carretera afirmada desde el límite del Departamento hasta Puerto Maldonado, con pequeñas vías complementarias hacia Laberinto, Puerto Mazuco y Tres Islas, de 4 km, las dos primeras, y 20 km la última; además una vía de penetración de Puerto Punkiri hasta Haypetue de 24 km.

Las carreteras adolecen de muchas deficiencias, gran parte del tramo carece de diseño técnico, no tiene mantenimiento permanente. La cuenca del río Madre de Dios ofrece más de 1,500 km de posibilidad de navegación, por embarcaciones de pequeño calado, el que puede incrementarse según sea el río y la estación del año, y permite transportar desde 2 t. hasta 10 t. por embarcación. Entre los ríos navegables están el Madre de Dios, Inambari, Tambopata, Colorado, Malinowsky, entre otros.

El río Madre de Dios, es el más importante del "sistema hidrográfico". Tiene sus nacientes en la unión de los ríos Pilcopata y Piñi Piñi, en la provincia de Paucartambo en Cusco, tomando el nombre de Alto Madre de Dios, hasta recibir al río Manu por la margen izquierda, cambiando bruscamente su curso hacia el sureste, luego recibe por la margen derecha a los ríos Colorado, Inambari, Tambopata -en la ciudad de Puerto Maldonado-, y al Heath en la frontera con Bolivia. Su primer tramo es de características de lazos entrecruzados, torrentoso, no recomendable para la navegación por embarcaciones de gran calado. Hasta recibir el río Colorado es moderadamente meandriforme, desde este punto hasta Puerto Maldonado es intensamente meandriforme, luego, aguas abajo, se caracteriza por tener tramos rectilíneos con mayor frecuencia. El río Madre de Dios en territorio peruano tiene una longitud aproximada de 700 km, su ancho varía de 300 a 500 m, con una velocidad promedio de 1 m/seg.

Los ríos Inambari y Tambopata tienen sus nacientes en los deshielos de los nevados ubicados en el norte del Departamento de Puno, inicialmente tienen su curso rectilíneo; el primero después de recibir las aguas del río Araza inicia su curso de lazos entrecruzados o anastomado, y el segundo es ligeramente meandriforme después de recibir las aguas del río Malinowsky. Es muy importante la Cuenca formada por los ríos Caychive y Huaypetue, no navegables que corren en direcciones opuestas este-oeste, reciben aportes de quebradas temporales norte-sur, dejando sus aguas en el río Pukive el primero y en el Inambari el Caychive.

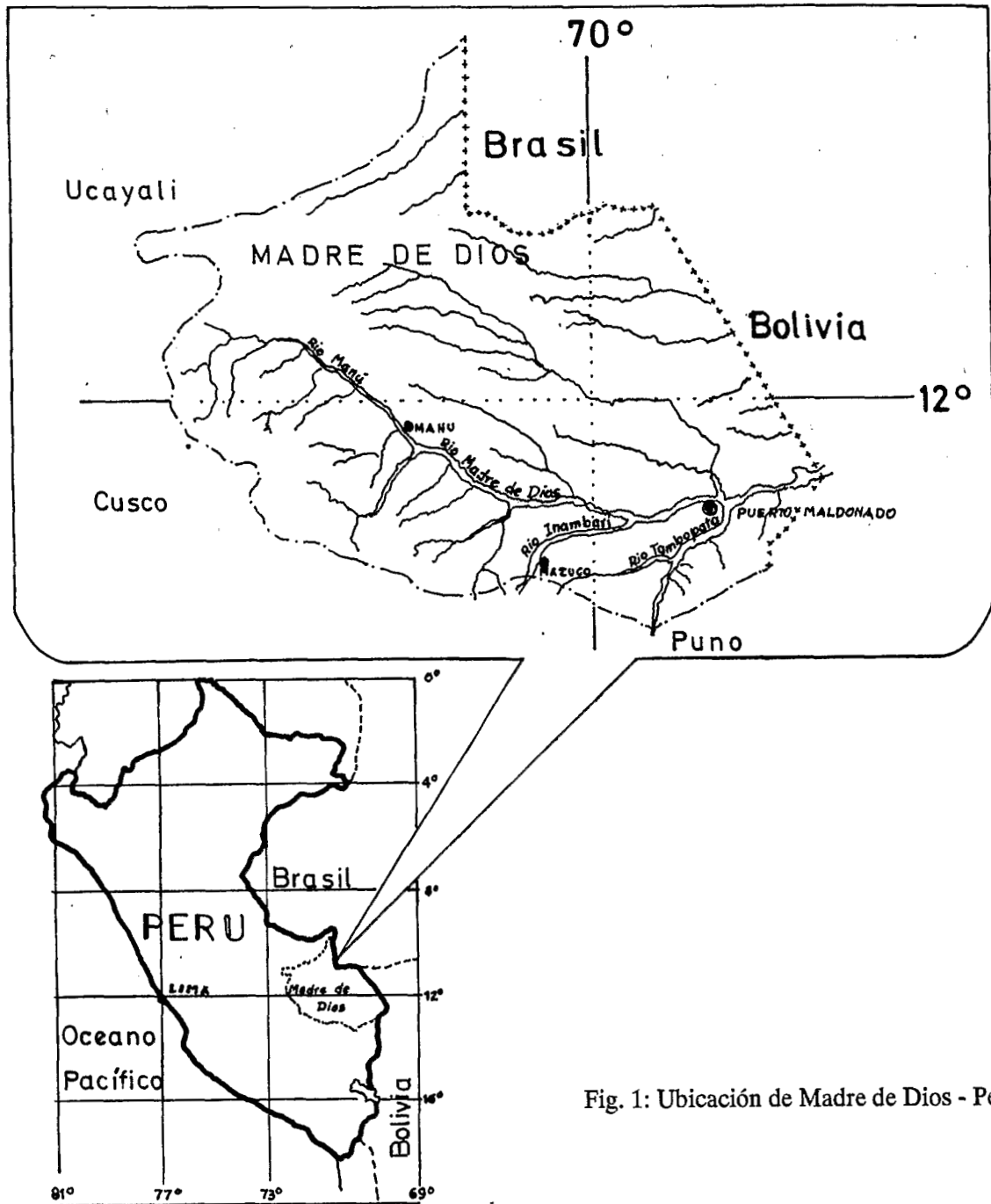


Fig. 1: Ubicación de Madre de Dios - Perú.

Cada río principal recibe el aporte de subcuencas muy importantes; el río Madre de Dios, a través del río Colorado, colecta las aguas de los ríos Primavera, Huasoroco, Kipuzne, Pukive, entre otros; el río Inambari recibe al San Gaban y Araza, este último muy importante porque recoge las aguas de los ríos Nusiniscato y sus tributarios Yanamayo, Tunquimayo, Quitari, Tejada, Isidora, de la zona de Quincemil; finalmente, el río Tambopata recibe al río Malinowsky, en el que desembocan importantes afluentes de interés aurífero.

Existen otros ríos sin importancia aurífera, que desembocan por la margen derecha, entre estos están Los Amigos, Las Piedras, entre los más importantes.

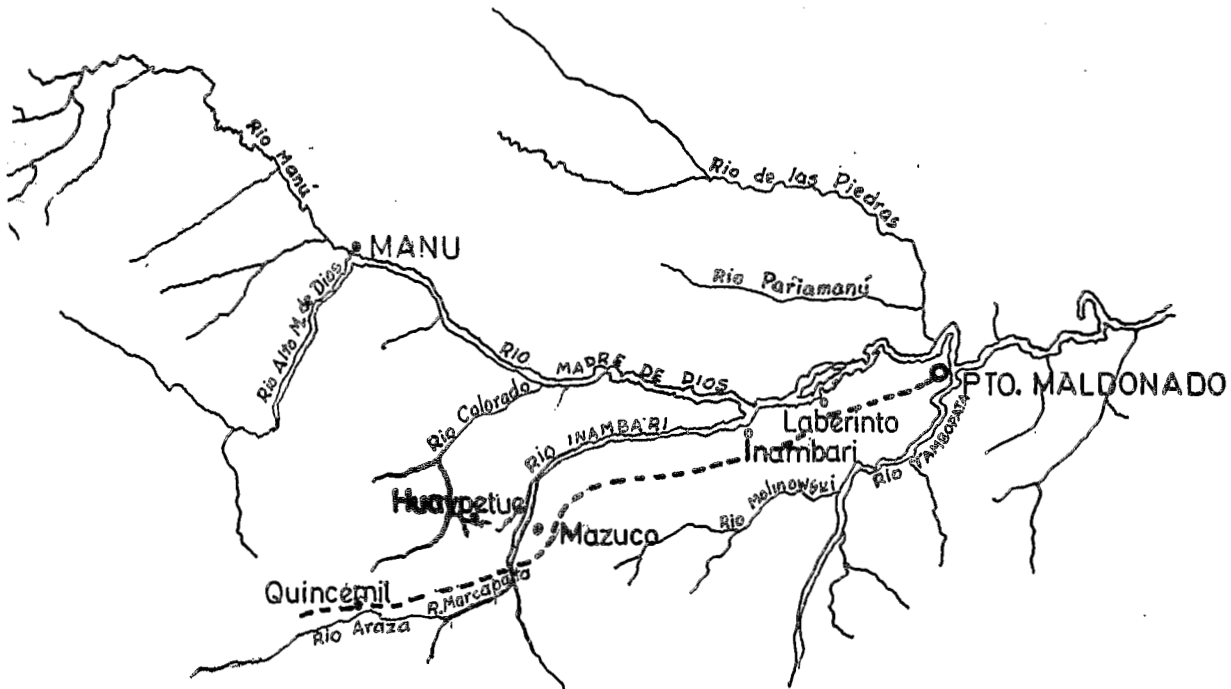


Fig. 2: Esquema hidrográfico de la cuenca del río Madre de Dios.

## GEOLOGIA

La llanura sur amazónica, es una cuenca geológica sedimentaria, asentada en una depresión tectónica entre el llano brasilero y los contrafuertes andinos. Las rocas que afloran en la región son fundamentalmente areniscas, cuarcitas, calizas, esquistos, limos y arcillas y conglomerados, cuyas edades oscilan entre el Paleozoico inferior y el Cuaternario reciente.

Aledaños a los ríos se tienen depósitos fluviales, los que toman mayor ancho transversal respecto al río en el Madre de Dios, después de estos y formando las llamadas terrazas, se localizan los depósitos aluviales con mayor potencia de gravas que los anteriores, hacia las últimas estribaciones cordilleranas se ubican las formaciones de Capas Rojas, con lutitas, limonitas, areniscas y a mayor altitud, se encuentran rocas del Paleozoico inferior formado por cuarcitas, lutitas, pizarras y esquistos.

La mineralización de oro está directamente ligada a los ríos, y se ha concretado en milenios de años, originada por la desintegración de yacimientos primarios, ubicados en las cadenas montañosas de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes.

El oro se halla en los cauces actuales, islas, playas, llanuras aluviales, paleocanales, lagos, en donde se ha depositado con una estratigrafía determinada de limo, arcilla, arena y grava, cuyas potencias pueden alcanzar hasta los cinco metros en la denominada "sobrecarga" y potencias ligeramente mayores en las gravas auríferas, con una gradación y distribución característica. La ley estimada del depósito es de  $0.250 \text{ g/m}^3$ , llegando a tener concentraciones excepcionales de hasta decenas de  $\text{g/m}^3$  en los llamados "corridos"; su pureza es de 960 milésimas.

Cálculos referenciales realizados sobre fotocartas de la zona nos muestran una reserva potencial del orden de los 46,862,389.00 onzas de oro.

Por procesos erosivos conocidos, en cada avenida de los ríos por desgaste de los depósitos secundarios, se origina una nueva reconcentración mecánica de oro depositándose aguas abajo, permitiendo la explotación después de cada avenida.

El oro puede ser encontrado en charpas, laminado, polvo, con diversas características, tomando formas laminares, placoides, escamas, pudiendo ser además angulares, esferoidales o ambos, existe una relación directa entre el tamaño de la partícula y el grosor. Estudios realizados en el área de Caychive indican una granulometría del oro de 50% malla Tyler 80 y para las gravas cifras porcentuales ligeramente mayores para tamaños de  $-1/2"$ .

## EXPLOTACION DEL ORO

El procedimiento seguido en la explotación del oro es simple. Comprende remoción de la grava, acarreo, clasificación granulométrica, concentración mecánica de las arenas pesadas, amalgamación y refogado; se mantiene mayoritariamente una explotación artesanal con diversas variantes que se orientan generalmente al desbroce del material estéril, con métodos que van desde el empleo de pala, pico, carretilla, la utilización de monitores para el derribo del material cercano a la orilla -cantonerías- los llamados cochazos en las partes altas, la utilización de equipos de movimiento de tierras, y finalmente la explotación con equipos flotantes -dragas- que simultáneamente realizan operaciones de desencape y explotación. Básicamente la diferencia radica en la capacidad de tratar mayor cantidad de material por unidad de tiempo.

Las explotaciones de oro se pueden clasificar según conceptos basados en la tecnología empleada, y en el volumen de producción relacionado a la inversión requerida, o según la tecnología usada. Considerando la inversión requerida se pueden dividir en:

Gran minería:	mayor de $50,000 \text{ m}^3/\text{mes}$ , inversión $> \text{U.S. } \$ 10\,000,000$
Mediana minería:	de $20,000$ a $50,000 \text{ m}^3/\text{mes}$ , inversión entre $\text{U.S. } \$ 400,000$ a $10\,000,000$
Pequeña minería:	de $3,000$ a $20,000 \text{ m}^3/\text{mes}$ , inversión entre $\text{U.S. } \$ 10,000$ a $20,000$
Minería Artesanal:	menor a $3,000 \text{ m}^3/\text{mes}$ , inversión menor de $\text{U.S. } \$ 10,000$

Considerando la tecnología de explotación, se pueden diferenciar:

EXPLORACION MECANIZADA	En seco	Equipo de Movimiento de Tierras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- con tractor</li> <li>- con cargador frontal</li> <li>- con retroexcavadora</li> <li>- con volquetas</li> </ul>	
	Con fajas transportadoras			
	Flotante	Alimentación Directa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cangilones</li> <li>- Rodetes</li> </ul>	
		Succión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De tiro</li> <li>- Esacariantes</li> <li>- De vacío</li> </ul>	
Por derribo de materiales (Monitores)				
EXPLORACION ARTESANAL	Seco	Canaletas	Simples	Motobombas
			Múltiples	Manual
	Canales empedrados			
Por derribo de material (Cochazos)				

\* Existen métodos combinados con equipos de succión flotantes y plantas de concentración gravimétrica en seco, y viceversa.

Mediante métodos artesanales (fig. 3) se laboran alrededor de 30,000 personas, tan sólo el 20% de ellas está establecida en su lugar de trabajo, su producción anual se estima en 5,600 kg de oro. Realizan labores discontinuas, empleando equipos de cinco personas, que en promedio tratan 10 m<sup>3</sup>/día de grava, empleando palas, picos, carretillas, canaletas (tolvas) y motobombas desde 5 HP hasta 16 HP, según sea la cantidad de trabajo que se realice. El 55% de las personas dedicadas a esta actividad carece de requisitos legales para desarrollar su trabajo, el que requiere de un mínimo de inversión estimada en el orden de los U.S.\$ 4,000, para un costo de operación de 1.50 U.S.\$/m<sup>3</sup>, alcanzando recuperaciones inferiores al 60%.

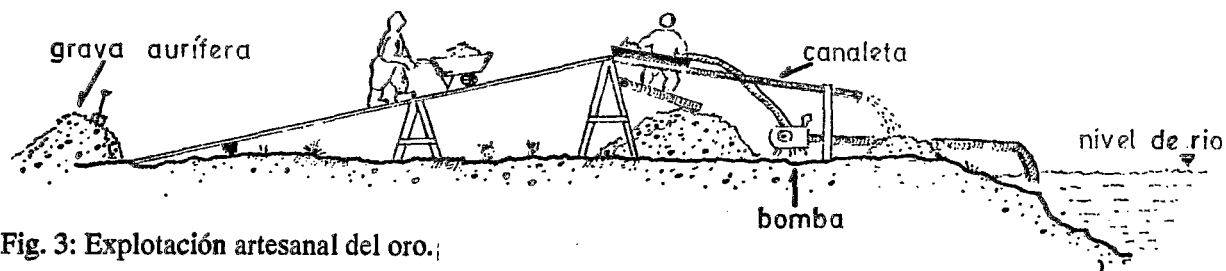


Fig. 3: Explotación artesanal del oro.

La explotación mecanizada está realizada en seco por equipos de movimiento de tierras. Con un tractor se hacen labores de limpieza, desbroce y preparación del material, el que es cargado y acarreado por un cargador frontal, pudiendo combinarse la operación con el carguío en volquetes.

Cálculos realizados en Tres Islas, indican un requerimiento de un cargador frontal de 1.3 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara, un tractor de oruga de 150 HP, para una producción diaria de 300 m<sup>3</sup>; a mayor volumen de material mayores modificaciones en la planta de tratamiento, básicamente en el diseño de la tolva de recepción con monitores para facilitar el arrastre, sluices con pendiente elevada y rifles paralelos al lado mayor para permitir un mejor lavado y clasificación del material mediante una criba ubicada al final de éste. La pulpa, según el diseño, puede continuar por una tolva de mayores dimensiones o pasar a un distribuidor y de allí a un sistema de tolvas múltiples.

Estas operaciones deben contar con instalaciones y equipos adicionales, como talleres, bombas de mayor caudal, equipos de alumbrado eléctrico, amalgamadoras entre otros. Los costos de operación están en el orden de 0.90 a 1.10 U.S.\$/m<sup>3</sup>, alcanzan porcentajes de recuperación de hasta 65%; la inversión requerida para estas operaciones es mayor a los 250,000.00 U.S.\$.

En los ríos, lagos o pozos artificiales, se trabaja con equipos flotantes llamados "Dragas", éstas requieren un sistema de navegación, que puede ser metálico, de madera o simples flotadores neumáticos, planta de tratamiento gravimétrico e instalaciones adicionales, como compresoras, amalgamadoras, retortas y si es el caso, la construcción de viviendas para el personal, generalmente construidas por cinco personas.

Las dragas alimentan el material mediante succión a través de mangueras de diámetros que están entre los 4" a 12" o más, para lo cual se requieren bombas accionadas por motores diesel y dispositivos de succión que pueden ser operados por buzos o por sistemas mecanizados, además pueden disponer de dispositivos de rotura como inyectoros de alta presión, cabezas rotativas cortantes (escariantes). El costo de una Draga oscila entre los U.S.\$ 5000 hasta los 200,000. Pueden tratar volúmenes desde 3 a 20 m<sup>3</sup>/h, con una capacidad de operar hasta los 20 m de profundidad. Sus costos operativos están entre 1.10 a 1.60 U.S.\$/m<sup>3</sup> y su producción por cada jornada de trabajo de 10 horas está sobre los 15 g de oro para las más pequeñas.

Ciertos equipos flotantes están alimentados mediante dispositivos especiales llamados cangilones, rodetes, y otros, o a falta de estos, por retroexcavadoras ubicadas en o fuera del equipo, logrando una alimentación de grandes volúmenes de material del orden de las centenas de m<sup>3</sup>/h.

El proceso de concentración gravimétrica se inicia en la tolva de recepción en donde el material pasa al tromel o cedazo giratorio, que es un cilindro giratorio de paredes metálicas formadas por planchas perforadas de 3/8", lo que permite el avance de las gravas gruesas, que son evacuadas al exterior por una faja transportadora; el material clasificado es depositado en un tanque desde donde es bombeado por un distribuidor que alimenta por gravedad los jigs primarios, que son celdas tipo yuba en las que por movimiento de batido, conseguido por acción de un pistón por movimiento de pulsación, se logra separar el material grueso liviano del pesado, constituido por arenas negras y oro. El producto de los jigs primarios alimenta a un tanque de concentración desde donde es bombeado a los jigs secundarios, trasladándose por gravedad a los colectores de mercurio, en donde el oro es mezclado para formar la amalgama, que posteriormente es tratada en el laboratorio. El rebose de los jack pots es conducido a las mesas amalgamadoras donde concluye el proceso; adicionalmente se instalan

canales para recuperar el oro de las colas estimándose una recuperación en el proceso del 65% al 70%, los costos operativos están en el orden de los 1.00 a 1.20 U.S. \$/m<sup>3</sup>.

Para iniciar este tipo de operaciones se requiere una inversión elevada, de los 10000,000 U.S.\$; estudios realizados para Madre de Dios, descartan la posibilidad de utilizar equipos nuevos, lo que está corroborado con dos operaciones de esta naturaleza en la zona.

### Ventajas y desventajas de los métodos de explotación aurífera aluvial

A R T E S A N A L	<p><b>VENTAJAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Inversión segura</li> <li>-No requiere experiencia</li> <li>-Obtención y comercialización del producto en el día</li> <li>-Facilidad de traslado</li> <li>-del equipo a otro lugar</li> </ul>	<p><b>DESVENTAJAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Baja recuperación</li> <li>-Mínima producción</li> <li>-Trabajo sólo hasta el nivel freático.</li> <li>-Condiciones de trabajo muy sacrificadas</li> </ul>
<p><b>EN SECO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mayor volumen de tratamiento de gravas.</li> <li>-Costos de operación bajos</li> <li>-Menor empleo de mano de obra</li> <li>-No requiere energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Necesidad de mano de obra calificada.</li> <li>-Dependencia de combustible, insumos y repuestos</li> <li>-Dificultad en el trabajo bajo el nivel del agua</li> </ul>
<p><b>POR SUCCION</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requiere mínimo personal</li> <li>-Gran movilidad del equipo</li> <li>-Mantenimiento fácil</li> <li>-Exploración dinámica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La alimentación depende del buzo</li> <li>-Deterioro de playas</li> <li>-Trabajo desordenado</li> <li>-Relaves muy cerca a la zona de trabajo</li> </ul>
<p><b>F L O T A N T E</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Movimiento de grandes volúmenes de gravas</li> <li>-Operación altamente mecanizada</li> <li>-Sistemas de control eficientes</li> <li>-Trabajo continuo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevada inversión inicial</li> <li>-Alto consumo de energía</li> <li>-Elevado requerimiento de agua</li> <li>-Cualquier desperfecto paraliza la operación</li> <li>-Trabajo sólo en terrenos planos</li> </ul>
<p><b>ALIMENTACION DIRECTA</b></p>		



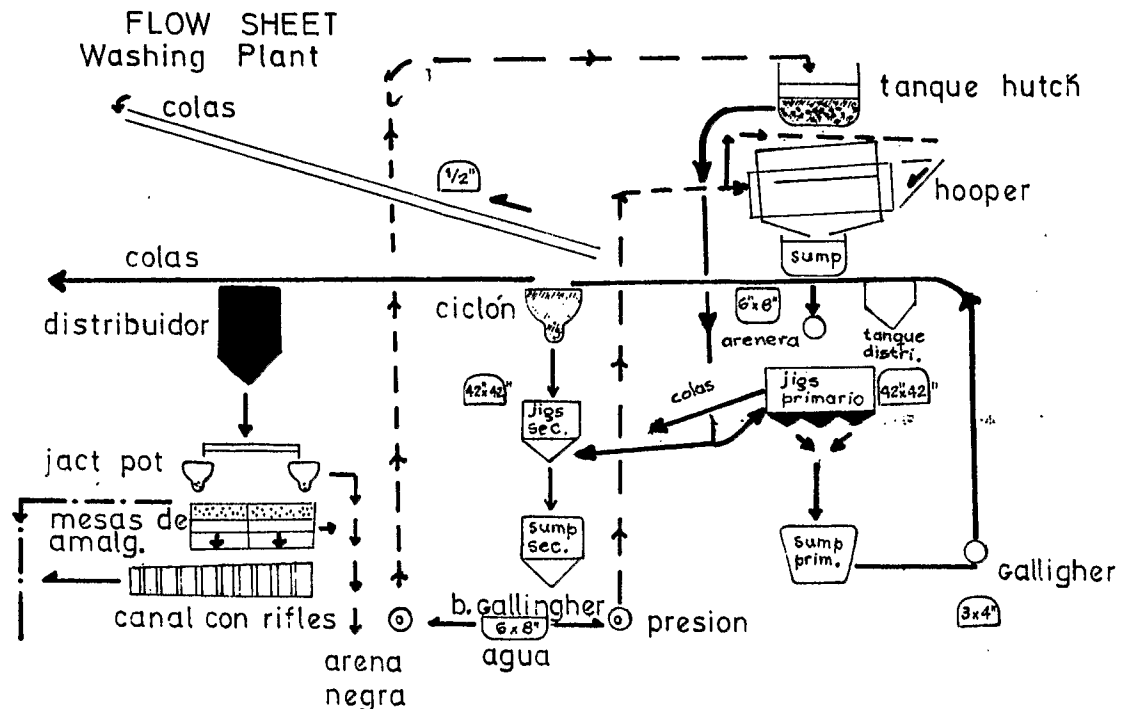


Fig. 4: Flow sheet de planta gravimétrica de concentración.

## ECONOMIA DEL ORO

En esta parte, me refiero a cifras recientemente trabajadas por el Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas (1990), conjuntamente con el Gobierno de la Región Inka, que corresponden a la zona de Caychive, población minera representativa de la situación minera de Madre de Dios, por lo tanto, pueden ser extensivas para toda la zona.

La población censal fue de 301 conductores de minas auríferas, la mitad de ellos realizan explotación familiar, su situación legal es precaria, mantienen una explotación en áreas menores a las 10 hectáreas en un 90,94%, tanto en las quebradas como en las denominadas cumbres, tan sólo se han identificado dos operaciones con equipos de movimiento de tierras, y un total de 107 motobombas de 9 HP de promedio; el 70% de la población minera carece de equipo para la explotación del oro, el resto se ubica en la clasificación de pequeño minero artesanal. En la zona se ha determinado un total de 322,73 hectáreas de terreno que son cultivadas para el autoconsumo, básicamente cultivos de maíz, yuca, frejol y frutales.

## PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DEL ORO

Es importante referir en este punto tres aspectos muy importantes:

- Producción estimada de oro,
- Compra del oro por Banco Minero del Perú,
- Producción de oro declarada en la zona de Caychive.

El estimado de la producción de oro se hace considerando que trabajan en la zona 30,000 personas produciendo 500 kg de oro/mes, 2 Dragas (cangilos y w.p.) que producen 15 kg de oro/mes y 30 Dragas de todo tipo que producen 18 kg de oro/mes. Así que se puede estimar la producción anual en 7,000 kg de oro.

La compra del Banco Minero del Perú en sus seis agencias, arroja un promedio de compra anual de los años 1982 a 1989 de 1,336.14 g de oro por año, distribuidos porcentualmente entre Puerto Maldonado (23,64%), Laberinto (23.62%), Haypetue (21.55%), Mazuko (20.78%), Colorado (7.49%), Quincemil (3.32%).

De acuerdo a información censal en la zona de Caychive, se ha obtenido una producción de oro de 381,190 g de oro por año. Con esta última información, se puede relacionar la producción estimada con la registrada oficialmente y efectuar las apreciaciones correspondientes. De la estimación presentada se deduce que en la zona del censo referido, se produce el 5% de la producción departamental y ésta correspondería al 28% de la captación oficial.

#### MANO DE OBRA E INSUMOS

El flujo de trabajadores en la zona está incentivado por las estaciones del año. Se tiene una población laboral de 1,663 personas para la temporada de lluvias, que disminuye a 1,360 en la de estiaje; en estos valores se incluye la mano de obra familiar muy importante en las operaciones auríferas.

Para el mes de octubre de 1990, se ha determinado para los pequeños productores auríferos un consumo de materiales que se detalla: azogue (38,319 g), gasolina (11,114 glns), lubricantes (142 glns), mangueras (123 m), plástico y yute (301m), respectivamente.

Hechas las evaluaciones correspondientes, los siguientes son los promedios porcentuales de los gastos de operación en la minería artesanal en la zona de Caychive; calculados para el mes de Octubre de 1990: insumos (24.61%), herramientas (0.04%), alimentos (36.05%), salarios (39.26%), otros gastos (0.04%).

#### ACUMULACION DE LOS EXCEDENTES DE LA PRODUCCION

De las observaciones realizadas, podemos construir una pirámide de acumulación de ingresos generados por la actividad aurífera, así tenemos que el 4% de los ingresos lo concentran solamente el 0.6% de las familias, el 40.1% lo tienen el 24.5% y el 56% de los ingresos están concentrados en el 74.9% de la población.

Para ningún efecto se toma en consideración la producción de oro de la Compañía Aurífera Río Inambari, que opera con alguna dificultad en la zona; su producción acumulada al año alcanza los 200 kg de oro.

La interpretación de estos importantes datos, nos permite apreciar una de las causas del escaso nivel de acumulación de excedentes para reinversión en técnicas mineras, a lo que se debe adicionar evidentemente otros factores.

## CONCLUSIONES

Brevemente concluiremos reafirmando el enorme interés aurífero de los placeres aluviales de Madre de Dios, en la Amazonia Peruana, muy poco estudiados en relación a otros depósitos similares, actualmente explotados con una tecnología incipiente, en la que se desempeñan pequeños productores mineros que aún no utilizan tecnologías que les permitan salir del actual "sistema de explotación aurífera", y con ello de la economía productiva de sobrevivencia que actualmente se desarrolla.

## REFERENCIAS

PRIMER CONGRESO DE MINERIA AURIFERA ALUVIAL. 1990. Madre de Dios.

RESULTADOS DEL CENSO MINERIA AURIFERA ALUVIAL. 1990. Comunidad de Caychive Alto y Quebradas. Madre de Dios, Cusco.