

## Distribución de alcaloides en la corteza de algunas cinchonas peruanas

W. H. HODGE

Jefe del Departamento de Botánica de la Facultad de Agronomía; anteriormente Botánico de la Sección de Quinas, FEA, Lima, Perú.

Este artículo, aparecido originalmente en THE CARIBBEAN POSTER, Vol. 7 N° 1, 1946, aparece en nuestra revista por solicitud del autor y por considerar que la importancia que reviste para el país el estudio de las quinas hace necesario darle al artículo una difusión mayor de la que tiene en la revista original, cuya distribución entre nosotros es muy limitada.

Se han llevado a cabo numerosos estudios sobre la distribución de alcaloides en la corteza de las cinchonas pero la mayoría de esos estudios se hicieron con la corteza de las formas comerciales más importantes cultivadas en plantaciones en diversas partes del mundo. El estudio químico más reciente lo hizo Sando (1), con *Cinchona succirubra* (que se considera generalmente como una forma de *Cinchona pubescens* Vahl), cultivada en El Porvenir, Guatemala. Sin embargo, el autor no sabe de ninguna investigación sobre la distribución de alcaloides en cinchonas que crecen silvestres en los Andes, su región nativa.

La serie de reconocimientos de la corteza de cinchona hechos en Perú, durante el período 1943-45 por botánicos y dasónomos de la Foreign Economic Administration, ha hecho posible completar varios estudios sobre la distribución de alcaloides en la corteza de ciertas cinchonas peruanas.

Los estudios que aquí aparecen son ramales del trabajo de reconocimiento efectuado mientras se recorría el

1) — Sando, Charles E. Chemical Research in Guatemala on *Cinchona succirubra* bark. FEA, Bureau of Supplies, Engr. Serv. October 1944, 82 pp.

campo, confrontado situaciones difíciles. Bajo esas circunstancias fue imposible someter las investigaciones al dominio rígido del laboratorio y por esa razón los datos puede que aparezcan generales y hasta precipitados. Pero los resultados parecen ser lo suficientemente interesantes para justificar su publicación, especialmente porque confirman en parte los resultados obtenidos por Sando en Guatemala.

Solamente cuatro cinchonas han tenido valor comercial en el Perú: *Cinchona Humboldtiana* Lambert, *Cinchona micrantha* Ruiz & Pavón, *Cinchona officinalis* Linnaeus y *Cinchona pubescens* Vahl. Con excepción de *Cinchona Humboldtiana*, cada una de estas especies consiste de cierto número de formas, más o menos distintas, la mayoría de las cuales ha sido considerada una que otra vez como especie distinta. Por conveniencia, el autor usará los nombres locales usados en Perú para cada una de las formas principales. El *Cinchona Humboldtiana*, árbol del norte del Perú, tiene una sola forma, conocida como *negra*. Las otras especies tienen dos formas cada una: *Cinchona micrantha* tiene a *huanuco* del norte y centro del Perú y *monopol* del sur del Perú; *Cinchona officinalis* tiene la forma *loja* en el norte y *calisaya* en el sur; y *Cinchona pubescens* tiene las formas disimilares *colorada*, de los departamentos de Cajamarca y Amazonas y la *morada* (a veces llamada zamba morada) del departamento de Puno. Hoy día todos estos nombres están más o menos estandarizados entre los coleccionistas de cortezas de cinchona en Perú.

### *Procedimiento*

Las muestras de corteza utilizadas para recopilar los datos que aparecen en la tabla número 1 fueron obtenidos de la siguiente manera. Los árboles silvestres de cinchona crecen generalmente en grupos de doce o más. Estos grupos se llaman manchas y están ampliamente distribuidos a través de los bosques pluviales de las laderas orientales de los Andes. Se procedió a cortar todos los árboles de una mancha. Luego se cortaron piezas de la corteza del tronco (a la altura del pecho) y piezas de

la corteza de las ramas de cada árbol que se cortó. Las ramas seleccionadas para extraer las muestras tenían de dos a ocho pulgadas de diámetro según la especie y según el árbol individual. Las muestras de corteza de las ramas y troncos tenían aproximadamente el mismo peso. Para determinar los pesos se usaron básculas simples de mano.

Después de pesar, se separaron dos muestras combinadas, una compuesta de todas las muestras de corteza de las ramas de todos los árboles y la otra de las muestras de corteza de tronco del mismo grupo de árboles. Al hacer muestras combinadas de esa manera se presume que pueden controlarse bastante bien las variaciones debidas a características individuales inherentes o a factores individuales del medio estacional o cualquier otro factor.

Todas las muestras se secaron al aire en el campo, poniéndose al sol en los días buenos pero resguardándose durante las lluvias. En Perú, las muestras de corteza sin proteger contra los efectos disolventes de la lluvia no ofrecen un índice de comparación favorable (tienen menor contenido) con muestras idénticas que han sido protegidas contra la lluvia.

El doctor Esteban Dubsky, a cargo del laboratorio de Cinchona del gobierno de los Estados Unidos en Lima, Perú, efectuó los análisis de las cortezas secas. El método de determinación química empleado por ese laboratorio es el U. S. P. XII, según aparece descrito en la farmacopea de los Estados Unidos, revisión número 12, 1944.

Las muestras de corteza utilizadas para el informe que aparece en la tabla número 1 provenían de diferentes localidades en el Perú. Las muestras de corteza colorada fueron colectadas cerca de Tabaconas provincia de Jaén, departamento de Cajamarca a una elevación de 8.000 pies; la de corteza negra cerca del villorio de Cartegena, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, a una elevación de 8.000 pies; la de huanuco en la cordillera Azul al nordeste de Tingo María en el departamento de Huanuco a una elevación de 3,500 pies y el monopol, cerca de Oroya en el Río Inambari Superior,

provincia de Sandía, departamento de Puno a una elevación de 3.000 pies.

### Discusión

TABLA I — VARIACIONES EN EL CONTENIDO T. C. A. ENTRE LAS MUESTRAS DE TRONCO Y RAMAS DE CUATRO TIPOS DE CINCHONAS

| Tipo de Corteza | Por Ciento de Alcaloides Cristalizables |                      |
|-----------------|---|----------------------|
|                 | Corteza del Tronco                      | Corteza de las Ramas |
| Colorada        | 2,25                                    | 0,70                 |
| Colorada        | 2,00                                    | 0,50                 |
| Colorada        | 1,25                                    | 0,45                 |
| Negra           | 3,95                                    | 5,82                 |
| Huanuco         | 2,98                                    | 3,26                 |
| Huanuco         | 2,42                                    | 3,14                 |
|                 | 2,37                                    | 3,73                 |
| Monopol         | 2,46                                    | 3,51                 |

De la tabla número 1 puede verse que existe una variación considerable en el contenido de alcaloides entre la corteza de la base del tronco y de las ramas. Esta variación existe en todas las cinchonas peruanas investigadas, incluyendo un número de formas que no tienen valor comercial y que no fueron incluidas en este trabajo.

La corteza colorada peruana, aunque mucho más pobre en contenido alcaloide, tiene la misma distribución de alcaloide que la *Cinchona succirubra* de Guatemala con mayor concentración en la base del tronco y menor concentración en la corteza de las partes más altas del árbol. Estas dos cinchonas son formas estrechamente relacionadas con *Cinchona pubescens* y su semejanza fisiológica, según demostrada por el contenido alcaloidal, es otra confirmación de su afinidad taxonómica. Todas las demás formas de *Cinchona pubescens* del Perú, la mayoría de las

cuales carecen de valor comercial, tienen la misma distribución de alcaloides mayor concentración de T. C. A. en la base del tronco y un descenso gradual en la concentración T. C. A. según se va uno acercando a la copa del árbol.

La corteza de las formas negra, huanuco y monopol tiene la peculiaridad de poseer un tipo de concentración alcaloidal exactamente opuesto con mayor contenido de alcaloides en las partes más altas del árbol y contenido menor en la corteza de la base del tronco. Esta distribución anómala ha sido observada sólo en las especies de cinchonas que crecen en el Perú. Las muestras de corteza de un árbol de *Cinchona nitida* Ruiz & Pavon, que es generalmente considerado como una forma de *Cinchona officinalis* ha dado resultados similares.

La tabla número 1 demuestra concluyentemente que el método de selección de las muestras y métodos de cosechar deben ser inspeccionados cuidadosamente para explotar comercialmente los rodales silvestres de cinchona. Sando llegó a la misma conclusión con respecto a las técnicas de selección del material usado para fines de investigación. Todas las muestras de corteza tomadas para calcular las posibilidades de explotación del quino silvestre deben seleccionarse de manera que se incluyan no sólo las partes del tronco sino porciones iguales de las partes altas pero explotables del árbol. A mayor número de árboles incluido en una muestra, más exactitud habrá en el pronóstico del rendimiento en alcaloides. No se obtendrá una idea exacta del contenido en alcaloides de algún árbol o grupo de árboles (de cualquier especie o forma de dicha especie) a menos que no se utilice ésta u otra forma similar de selección de muestras.

Un ejemplo de los peligros en que puede incurrirse si se usa en la investigación un método inferior de selección lo ofrece el programa de explotación de corteza colorada en el norte del Perú. Un examen preliminar del contenido de alcaloide en la corteza de los quininos colorados, indicó que dicha especie satisfacía los requisitos mínimos y se inició un intenso programa de explotación. Sin embargo, las muestras de los lotes comerciales rin-

dieron mucho menos de lo esperado ocasionando pérdidas substanciales a los interesados.

Un vistazo a la tabla número 1 explica el por qué de estas pérdidas, pues si se hubieran analizado también las ramas y la parte superior en la prueba original no se hubiera emprendido tal programa de cosecha.

Investigaciones posteriores en el campo, según aparecen en la tabla número 2 indican que existe una relación entre la edad del árbol y la cantidad de alcaloides que contiene. La edad exacta de un árbol silvestre en el bosque pluvial tropical es difícil y hasta imposible de precisar. Por lo tanto en estos estudios se ha determinado el diámetro a la altura del pecho (D. A. P.) como índice más o menos exacto de la "edad" del árbol. Se utilizaron muestras combinadas de la corteza del tronco de árboles de colorada, huanuco, monopol y morada, que son los tipos de cinchona no sólo más asequibles sino que representan las fuentes principales de la corteza del quino explotada en el Perú durante el período de 1943-45.

En todos los casos las muestras de corteza se tomaron del tronco de todos los árboles de un rodal dado. Todas las muestras tenían aproximadamente el mismo peso. Para calcular el diámetro a la altura del pecho se utilizó una cinta de medición de diámetros. Se sortearon las muestras según las diferentes clases de diámetro presentes en el rodal y por lo tanto estas muestras combinadas no son iguales en el sentido del número de árboles por clase. Ciertas variedades de cinchona alcanzan mayor tamaño pero en cualquier reconocimiento de un rodal de tales árboles existen menos ejemplares de los extremos que de las clases diamétricas intermedias. Un tipo de cinchona tal como colorada, que alcanza un tamaño mayor está mejor representada en la tabla número 2 que un tipo como morada que es usualmente un árbol pequeño. Las diferencias en contenido de alcaloides causadas por la variación en elevación no deben tener influencia en estos resultados pues todas las muestras de una misma localidad se obtuvieron de manchas que tenían aproximadamente la misma distribución en elevación y las mismas características de medio estacional. Debe tenerse en men-

te que estos análisis sólo se refieren al contenido de la corteza del tronco en la parte inferior del árbol; la corteza de las ramas y de la parte superior del tronco rendirían más o menos porcentaje de alcaloide, según el tipo de cinchona utilizado (Véase la tabla número 1).

Las muestras de corteza colorada se tomaron en abril, hacia el final de la época de floración y lluvia, las de huanuco se tomaron en enero, durante la época lluviosa, poco antes de florecer, las de monopol en junio en el período seco en que los árboles están entre el período de floración y el de madurez de los frutos y finalmente las de morada se tomaron en mayo también durante la sequía.

La tendencia de los alcaloides individuales según aparecen en la tabla número 2 puede resumirse como sigue:

*Alcaloides totales:* En colorada, huanuco y monopol, cortezas que contienen principalmente el alcaloide cinchonina, el porcentaje de alcaloides totales (TA) tiende a aumentar con el tamaño (que equivale según dijimos antes, a la edad) del árbol. Sin embargo en morada, que rinde principalmente quinina el total de alcaloides es mayor en los árboles más pequeños (más jóvenes) y tiende a disminuir en los más grandes (más viejos).

*Quinina:* En colorada sólo se encuentran trazas de quinina anhidra, pero están presentes en todos los tamaños. No se encontró quinina en huanuco pero no se practicaron análisis en árboles muy pequeños. Tales análisis pueden indicar que como en monopol (considerada como una forma de la misma especie) los árboles bien jóvenes contienen trazas de quinina, que desaparecen según va aumentando en tamaño. En la corteza de morada predomina el contenido en quinina cuya concentración aumenta según va creciendo el árbol.

*Cinchonidina:* El huanuco es el único quino comercial que carece de cantidades sustanciales de cinchonidina. Sin embargo puede que analizando la corteza de árboles muy pequeños se encuentre que este árbol cuando joven tiene cinchonidina. Colorada, morada y monopol tienen un patrón similar de contenido de este alcaloide, a menor tamaño mayor concentración.

*Cinchonina*: Debido a que en las cortezas de colorada, huanuco y monopol predomina este alcaloide, pueden clasificarse como "cortezas cinchoninas". En estos tres tipos la concentración de cinchonina es menor en los árboles más jóvenes pero aumenta con la edad o diámetro. En la corteza de colorada no parece haber ningún aumento significativo en el contenido de cinchonina después que los árboles llegan a un D. A. P. de veinte pulgadas.

*Alcaloides Cristalizables*: El total de alcaloides cristalizables (TAC) tiene la misma tendencia general que el total de alcaloides, pues aumenta en concentración según aumenta el árbol en tamaño en colorada, huanuco y monopol y disminuye en concentración según aumenta el árbol en el caso de morada.

Sando ha demostrado que en *Cinchona succirubra* el contenido total de alcaloides cristalizables aumenta la circunferencia del árbol. Esto coincide con los resultados arriba indicados sobre corteza colorada pero no con los de morada; sin embargo estos tres tipos de cinchona se consideran como formas de *Cinchona pubescens*. Esta evidencia fisiológica sugiere que morada está incorrectamente incluida en el complejo *Cinchona pubescens*.

### Resumen

Los análisis de las muestras seleccionadas de corteza de quinas silvestres que crecían en el Perú indican que el contenido en alcaloides varía apreciablemente según la posición de la base a los puntos más altos del árbol. En algunos tipos de cinchonas los alcaloides se encuentran en mayor cantidad en la base del tronco que en las partes más altas del árbol pero en otros tipos de cinchona ocurre lo inverso. Por lo tanto para determinar el rendimiento comercial deben tomarse muestras de estas dos partes del árbol.

También aparece cierta relación entre la cantidad de alcaloides presentes en un árbol y su circunferencia (o edad). La cantidad de alcaloides aumenta o disminuye según aumente o disminuya el diámetro y dicha relación depende del alcaloide y del tipo de cinchona.



Tabla 2 — RELACION ENTRE LA CANTIDAD DE ALCALOIDE Y EL DIAMETRO DE ALGUNOS QUINOS PERUANOS

| Número de árboles por muestra | (tipo de corteza) | (Departamento incluyendo Localidad)             | DAP (Puigadas) | (POR CIENTO DE ALCALOIDES) |         |         |               |             |                                    |
|-------------------------------|-------------------|---|----------------|----------------------------|---------|---------|---------------|-------------|------------------------------------|
|                               |                   |   |                | Total Alcal.               | QUININA |         | Cincho-nidina | Cincho-nina | Total de Alcaloides Cristalizables |
|                               |                   |   |                |                            | Sulfato | Anhidro |               |             |                                    |
| 13                            | Colorada          | Pomocochas (Amazonas)<br>Quebrada Corazón Jaeko | 2-5            | 2.95                       | Trazas  | 1.50    | Trazas        | 1.50        |                                    |
| 9                             |                   |   | 3.55           | "                          | 1.60    | 0.55    | 2.15          |             |                                    |
| 9                             |                   |   | 4.35           | "                          | 0.95    | 1.90    | 2.85          |             |                                    |
| 5                             |                   |   | 4.65           | "                          | 0.95    | 2.00    | 2.95          |             |                                    |
| 4                             |                   |   | 20-27          | 4.56                       | "       | 0.95    | 1.90          | 2.85        |                                    |
| 5                             | Colorada          | Pomocochas (Amazonas)<br>Quebrada Santa Rosa    | 2-5            | 3.12                       | Trazas  | 1.32    | 0.86          | 2.18        |                                    |
| 9                             |                   |   | 3.50           | "                          | 0.78    | 1.40    | 2.18          |             |                                    |
| 9                             |                   |   | 2.10           | "                          | 0.68    | 1.25    | 1.93          |             |                                    |
| 10                            |                   |   | 3.80           | "                          | 0.80    | 1.50    | 2.30          |             |                                    |
| 8                             |                   |   | 20-27          | 3.81                       | "       | 0.52    | 1.50          | 2.02        |                                    |
| 9                             | Colorada          | Pomocochas (Amazonas)<br>Quebrada Morallan      | 3-9            | 2.78                       | Trazas  | 1.10    | 0.70          | 1.80        |                                    |
| 12                            |                   |   | 3.85           | "                          | 1.24    | 1.35    | 2.59          |             |                                    |
| 10                            |                   |   | 4.26           | "                          | 1.74    | 1.43    | 3.17          |             |                                    |
| 3                             |                   |   | 3.15           | "                          | 0.75    | 1.40    | 2.15          |             |                                    |
| 12                            | Colorada          | Pomocochas (Amazonas)<br>Quebrada Chido         | 5-9            | 2.40                       | Trazas  | 1.15    | Trazas        | 1.15        |                                    |
| 9                             |                   |   | 3.17           | 0.31                       | 0.55    | 1.22    | 2.08          |             |                                    |
| 1                             |                   |   | 3.78           | Trazas                     | 0.48    | 1.80    | 2.28          |             |                                    |
| 9                             |                   |   | 3.75           | "                          | 0.83    | 1.50    | 2.33          |             |                                    |
| 1                             | Huancu            | Tingo Maria (Huancu)<br>Hacienda Copihue Rojo   | 6              | 3.06                       |         |         | 0.24          | 0.24        |                                    |
| 1                             |                   |   | 4.65           |                            |         | 2.42    | 2.42          |             |                                    |
| 1                             |                   |   | 5.27           |                            |         | 2.98    | 2.98          |             |                                    |
| 1                             |                   |   | 6.28           |                            |         | 2.37    | 2.37          |             |                                    |
| 13                            | Monopol           | Tambopata Valley (Puno)<br>Pantihapuncu         | 2-4            | 5.13                       | 0.32    | 1.27    | 1.52          | 3.12        |                                    |
| 9                             |                   |   | 5.45           |                            | 1.38    | 2.15    | 3.53          |             |                                    |
| 14                            |                   |   | 5.58           |                            | 0.80    | 2.54    | 3.34          |             |                                    |
| 6                             |                   |   | 4.75           |                            | 0.61    | 2.24    | 2.86          |             |                                    |
| 1                             |                   |   | 23             | 6.05                       |         | Trazas  | 3.88          | 3.88        |                                    |
| 4                             | Morada            | Inambari River (Puno)<br>"Río Chullo"           | 3              | 5.75                       | 1.88    | 1.84    | 1.30          | 4.54        |                                    |
| 4                             |                   |   | 5.25           | 2.42                       | 1.47    | 1.20    | 4.08          |             |                                    |
| 10                            |                   |   | 5.25           | 1.81                       | 1.09    | 1.00    | 3.21          |             |                                    |
| 7                             | Morada            | Inambari River (Puno)<br>at "Mamatoca Río"      | 3              | 6.05                       | 2.45    | 1.81    | 1.28          | 4.82        |                                    |
| 4                             |                   |   | 6.05           | 2.19                       | 1.16    | 1.26    | 4.51          |             |                                    |
| 4                             |                   |   | 5.85           | 3.06                       | 1.08    | 0.82    | 4.47          |             |                                    |
| 3                             |                   |   | 5.60           | 3.62                       | 0.70    | 0.85    | 4.24          |             |                                    |